



CIDADES SUSTENTÁVEIS

LIVRO DAS PESQUISAS PREMIADAS



CIDADES SUSTENTÁVEIS

LIVRO DAS PESQUISAS PREMIADAS



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação



FICHA TÉCNICA

COORDENAÇÃO GERAL

Marcia Pinto

REVISÃO ORTOGRÁFICA

Érica Carvalho

PROJETO GRÁFICO

Um Triz Comunicação Visual | Renata Figueiredo

A exatidão das informações, os conceitos e opiniões emitidos nos trabalhos aqui publicados são de exclusiva responsabilidade dos autores.

É permitida a reprodução parcial ou total da obra, desde que citada a fonte.

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO-NA-FONTE
SINDICATO NACIONAL DOS EDITORES DE LIVROS, RJ

P935c

Prêmio Jovem Cientista (25 : 2011 : Brasília)

Cidades sustentáveis : livros das pesquisas premiadas / Prêmio Jovem Cientista . - Rio de Janeiro : Fundação Roberto Marinho, 2012
il.

Apêndice

Inclui bibliografia

Livro das pesquisas premiadas. Reúne todos os trabalhos vencedores da XXV edição do Prêmio Jovem Cientista
ISBN 978-85-

1. Prêmio Jovem Cientista. 2. Ciência - Brasil. 3. Pesquisa - Brasil. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Urbanização. I. Título.

12-1053. CDD: 509.81

CDU: 5(81)

24.02.12 01.03.12

033422

FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO

Rua Santa Alexandrina, 336 | 20261-232 | Rio de Janeiro | RJ
jovemcientista@frm.org.br | www.jovemcientista.cnpq.br

CRÉDITOS

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq)

Presidente
Glaucius Oliva

Diretores
Manoel Barral Netto
Paulo Sergio Lacerda Beirão
Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo
Ernesto Costa de Paula

Serviço de Prêmios
Rita de Cássia da Silva

GERDAU

Diretor-Presidente (CEO)
André B. Gerdau Johannpeter

Presidente do Conselho do Instituto Gerdau
Klaus Gerdau Johannpeter

Vice-Presidente do Instituto Gerdau
Beatriz Gerdau Johannpeter

Diretor do Instituto Gerdau
José Paulo Soares Martins

GE

Presidente e CEO GE América Latina
Reinaldo Garcia

Líder do Centro de Pesquisas da GE Brasil
Kenneth Herd

Diretor de Marketing GE América Latina
Marcos Leal

Gerente de Relações Públicas Governamentais da GE Brasil
Ieda Passos

FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO

Presidente
José Roberto Marinho

Secretário-Geral
Hugo Barreto

Superintendente Executivo
Nelson Savioli

Gerente de Meio Ambiente
Andrea Margit

Coordenadora de Projetos
Marcia Pinto

SUMÁRIO

LIVRO DAS PESQUISAS PREMIADAS

	APRESENTAÇÃO	5
	COMISSÃO JULGADORA	6
	CATEGORIA GRADUADO	7
1º lugar - Intervenções de Saneamento Básico em Áreas de Vilas e Favelas: Um Estudo Comparativo de Duas Experiências na Região Metropolitana de Belo Horizonte		9
2º lugar - Ferramenta Computacional para Planejamento de Cidades Limpas e Energeticamente Eficientes		49
3º lugar - Estudo Experimental de um Agregado Reciclado de Resíduo de Construção e Demolição (RCD) para Utilização em Pavimentação		103
	CATEGORIA ESTUDANTE DO ENSINO SUPERIOR	146
1º lugar - Mini-usinas Solares Fotovoltaicas em Sistemas de Transporte Rápido por Ônibus - Bus Rapid Transit (BRT)		148
2º lugar - Diminuição do Impacto Ambiental dos Resíduos Sólidos Municipais: Caracterização e Quantificação de Filmes Plásticos Rejeitados na Reciclagem Comercial e Sua Utilização em Biocompósitos		166
3º lugar - Mapeamento da Violência Urbana em Campina Grande: Tendências e Desafios em Busca da Cidade Sustentável		186
	CATEGORIA ESTUDANTE DO ENSINO MÉDIO	214
1º lugar - Embalagens Ecológicas para Mudanças		216
2º lugar - Cortina Verde Sustentável nas Escolas Públicas de Palmas (TO)		224
3º lugar - Desenvolvimento de uma Composteira em Ambiente Aeróbio/Anaeróbio		230
	CATEGORIA MÉRITO INSTITUCIONAL	241
Ensino Superior - Universidade Federal de Minas Gerais		242
Ensino Médio - Colégio Stella Maris (Viamão, RS)		243
	MENÇÃO HONROSA	244
Dr. Lázaro Valentin Zuquette - Universidade de São Paulo (USP)		246
	PARCEIROS	247

APRESENTAÇÃO

Estimular a pesquisa científica no país e valorizar estudantes e pesquisadores que não medem esforços para transformar suas ideias em soluções para os desafios brasileiros. Esses são os principais objetivos do Prêmio Jovem Cientista, que nesta edição comemora 30 anos. Instituído em 1981, o prêmio é resultado da parceria entre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação Roberto Marinho, a Gerdau e a GE.

Uma das características do Prêmio Jovem Cientista é a proposição de temas atuais e de interesse direto da população. No ano em que a humanidade atingiu a marca de 7 bilhões de habitantes, dos quais 50% vivem nas cidades, a escolha do tema Cidades Sustentáveis não poderia ser mais oportuna. Especialmente no Brasil, que no curto período de 50 anos passou a ser um país urbano, com 84% dos seus quase 191 milhões de habitantes morando em cidades.

A resposta ao tema foi um novo recorde de inscrições: foram 2.321 trabalhos de jovens que aceitaram o desafio de propor soluções capazes de transformar seus ambientes. Desses, 1.967 chegaram de estudantes do ensino médio e 354 de graduados e estudantes do ensino superior.

O Prêmio Jovem Cientista agracia os três melhores trabalhos e os professores que atuaram como orientadores nas categorias Graduado, Estudante do Ensino Superior e Estudante do Ensino Médio. Recebem o Mérito Institucional as duas instituições - uma universidade e uma escola de ensino médio - que inscreverem o maior número de pesquisas com mérito científico. O prêmio também confere Menção Honrosa a um pesquisador com título de doutor, com ampla experiência e capacidade de formação de pesquisadores e produção científica no tema da edição.

A premiação é feita pela presidente da República e reúne, na cerimônia, autoridades governamentais nas áreas de Ciência e Tecnologia, além de respeitados nomes da Ciência brasileira. Os vencedores também recebem bolsas do CNPq como estímulo para a continuidade de suas pesquisas e contribuição para o desenvolvimento do País.

COMISSÕES JULGADORAS

Categorias Graduado, Estudante do Ensino Superior, Mérito Institucional do Ensino Superior e Menção Honrosa

Ana Maria Fernandes - Presidente da Comissão
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Leila Christina Dias
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

José Fernando Thomé Jucá
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Maria Lúcia Calijuri
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Sylvia Ficher
Universidade de Brasília (UnB)

Leo Heller
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Jose Reynaldo Anselmo Setti
Universidade de São Paulo (USP)

Categorias Estudante do Ensino Médio e Mérito Institucional do Ensino Médio

Lia Osorio Machado - Presidente da Comissão
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Lúcia Leitão Santos
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Sérgio João de Luca
Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC)

Alex Kenya Abiko
Universidade de São Paulo (USP)

Valderi Duarte Leite
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Carlos Ernesto Gonçalves R. Schaefer
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Yaeko Yamashita
Universidade de Brasília (UnB)

CATEGORIA GRADUADO



1º Lugar

UENDE APARECIDA FIGUEIREDO GOMES

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Intervenções de Saneamento Básico em Áreas de Vilas e Favelas: Um Estudo Comparativo de Duas Experiências na Região Metropolitana de Belo Horizonte

2º Lugar

KARIN REGINA DE CASAS CASTRO MARINS

Universidade de São Paulo (USP)

Ferramenta Computacional para Planejamento de Cidades Limpas e Energeticamente Eficientes

3º Lugar

ALEJANDRA MARÍA GÓMEZ JIMÉNEZ

Universidade de Brasília (UnB)

Estudo Experimental de um Agregado Reciclado de Resíduo de Construção e Demolição (RCD) para Utilização em Pavimentação



1º
LUGAR

CATEGORIA GRADUADO

Intervenções de Saneamento Básico em Áreas de Vilas e Favelas: Um Estudo Comparativo de Duas Experiências na Região Metropolitana de Belo Horizonte

Autor:

Uende Aparecida Figueiredo Gomes
(uendefigueiredo@yahoo.com.br)

Orientador:

Léo Heller
(heller@desa.ufmg.br)

Instituição de Vínculo:

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Resumo

O objetivo da pesquisa foi avaliar intervenções de saneamento básico em vilas e favelas. Abordou-se a necessidade de retomar o conceito de tecnologias apropriadas, buscando a participação social e a intersetorialidade. Analisou-se a possibilidade de não adesão às redes de saneamento, em decorrência dos custos tarifários. A demanda por regularização fundiária também foi analisada. Realizou-se um estudo de caso comparativo no Aglomerado da Serra e em Nova Contagem, áreas de vilas e favelas, pertencentes à Região Metropolitana de Belo Horizonte, que passavam por intervenções na área de saneamento básico. A metodologia consistiu em análise documental, observação participante e realização de entrevistas com os profissionais e pessoas das comunidades. Concluiu-se que a estrutura da sociedade brasileira, marcada por desinformação e desigualdade social, tem reflexo nas concepções de intervenções em saneamento básico, ao mesmo tempo tornando os problemas técnicos em vilas e favelas mais complexos e dificultando a apreensão da realidade de forma a buscar alternativas de atuação para transformá-la.

Palavras-chave: vilas e favelas, saneamento básico, tecnologia apropriada

Estou preso à vida e olho meus companheiros
Estão taciturnos, mas nutrem grandes esperanças
Entre eles, considere a enorme realidade
O presente é tão grande, não nos afastemos
Não nos afastemos muito, vamos de mãos dadas
Carlos Drummond de Andrade

1. Introdução

Vilas e favelas são regiões das municipalidades que, ao longo da história do Brasil, não foram priorizadas pelas políticas públicas de saneamento básico. Para estes aglomerados urbanos dirigem-se as pessoas de menor poder aquisitivo, que sem condições de arcar com os custos urbanísticos e na ausência de políticas habitacionais que os assistam, recorrem às áreas menos valorizadas do meio urbano, destituídas de saneamento básico e de outros serviços essenciais, para construir suas moradias. Segundo Jacobi (1984), o processo de expansão das periferias não foi acompanhado por investimentos de tal porte a solucionar concretamente as demandas por saneamento básico.

Nas regiões metropolitanas, as iniquidades típicas da sociedade brasileira reproduzem-se no âmbito da oferta de serviços de saneamento básico. O processo desordenado de urbanização, aliado à desigualdade de distribuição de renda e à especulação populacional excluída do processo de distribuição da riqueza. A ocupação ilegal de encostas, fundos de vale e margem dos mananciais - áreas desprovidas de infraestrutura sanitária. Para Heller (1998), deve-se ter claro que a persistência da problemática do saneamento encontra-se fortemente associada ao modelo socioeconômico praticado, e que a população mais vulnerável corresponde justamente àquela excluída dos benefícios do desenvolvimento.

A crise habitacional que se abateu sobre o Brasil na segunda metade do século XX, momento no qual se observa de forma mais acentuada o crescimento desordenado das cidades, foi determinante para o acirramento dos déficits e da desigualdade de acesso aos serviços de saneamento básico nas áreas urbanas. Ao mesmo tempo em que vilas e favelas cresciam em número e tamanho, ao figurarem como a única opção de moradia dos pobres nas cidades, as políticas governamentais privilegiaram intervenções nas áreas mais ricas, onde o retorno do investimento era garantido. Para Maricato (2000), a área de saneamento básico apresenta uma das mais graves mazelas decorrentes do processo de urbanização observado no Brasil, no qual uma parte da população está excluída do mercado residencial privado legal e da produção formal da cidade.

Segundo o Ministério das Cidades, 52% do déficit de acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil concentram-se em municípios com população superior a 1 milhão de habitantes e nas regiões metropolitanas (BRASIL, 2007a). Nesse contexto, o desafio da universalização do acesso aos serviços de saneamento básico no País perpassa necessariamente pela intervenção do poder público nas periferias metropolitanas. A fim de contribuir para o desenvolvimento do tema no âmbito acadêmico, assim como gerar conhecimentos que, eventualmente, poderão subsidiar futuras propostas de intervenção, o presente trabalho estudou aspectos relativos às intervenções de saneamento básico em duas áreas de vilas e favelas da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Algumas questões que permearam este estudo relacionaram-se à necessidade de retomar o conceito de tecnologias apropriadas e, dessa forma, fomentar a participação social e a proposição de ações intersetoriais no âmbito das intervenções de saneamento básico em áreas de vilas e favelas. Também foi objeto de estudo a possibilidade de não adesão às redes, em decorrência da incapacidade dos moradores em arcar com os custos tarifários e com a demanda por regularização fundiária. Para discuti-las, realizou-se um estudo de caso comparativo entre o que se observava no Aglomerado da Serra e em Nova Contagem, áreas de vilas e favelas pertencentes à Região Metropolitana de Belo Horizonte e que passavam por intervenções na área de saneamento básico.

Nas periferias urbanas, a pobreza da população, aliada à precariedade do acesso aos serviços públicos, faz com que a busca da sustentabilidade dos investimentos em infraestrutura sanitária considere a necessidade do uso de tecnologias apropriadas. Entendendo a tecnologia como determinando e sendo determinada pela realidade na qual se aplica o que potencializa a construção de propostas coerentes com os contextos dos locais nos quais se desenvolvem as intervenções. Ao se orientar pela busca de adoção de tecnologias apropriadas, novas concepções sobre saneamento básico poderão ser formuladas, de forma a abarcar ações conjuntas entre setores, a participação das populações beneficiadas, a consideração de aspectos econômico-financeiros e a proposição de ações de regularização das condições de posse do solo urbano.

Ressalta-se a importância da participação da população nas etapas de concepção, implementação e avaliação de projetos. Quanto à última assertiva, observa-se que a participação popular, na medida em que se desenvolve o sentimento de cidadania, promove a inserção do sujeito como promotor de mudanças e contribui para a identificação da população com as intervenções implantadas, potencializando sua sustentabilidade.

Em convergência com ações voltadas para o fortalecimento da participação social, observa-se que intervenções de saneamento básico que buscam a intersectorialidade consideram o envolvimento da população no processo de formulação das propostas, como também representam um momento de diálogo entre a área de saneamento e as demais áreas, tais como ambiente, saúde, educação e assistência social. Diante da complexidade ambiental e socioeconômica característica de vilas e favelas, assim como da multidimensionalidade das questões que envolvem o saneamento básico,

faz-se necessário o desenvolvimento de ações intersetoriais no âmbito das intervenções. Considera-se que trabalhos dessa natureza estão mais aptos a apreender a dinâmica desses espaços, de forma a proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento de alternativas capazes de alterar estas realidades e promover melhorias na qualidade de vida da população.

Outra questão, também relevante, refere-se à existência de inadequação quanto à posse dos terrenos. Nesse aspecto, a regularização fundiária é o reconhecimento, por parte do Estado brasileiro, do direito dos pobres à posse do local de sua moradia, contribuindo para uma maior independência política e para a busca de uma maior apropriação, por parte dos moradores, da infraestrutura implantada.

No entanto, mesmo que todos os aspectos levantados anteriormente sejam contemplados e desenvolvidos a contento, caso os moradores não apresentem condições de arcar com os custos da infraestrutura implantada, mais uma vez a população pobre se deslocará, dando prosseguimento ao surgimento de novas áreas demandantes de intervenções para fins de expansão dos serviços de saneamento. Nesse sentido, a adequação tarifária, em sua essência, representa a busca de uma melhor distribuição da riqueza entre os diversos estratos de renda da população, sendo, por isso, um aspecto que merece e demanda atenção, já que incide no cerne da estrutura brasileira, marcada e sustentada pela desigualdade na distribuição da riqueza.

Com base nos dados dos censos demográficos de 1980 a 2000, Seroa da Motta (2007) afirma que, a despeito do crescimento na cobertura dos serviços, o acesso das camadas mais pobres da população está ainda muito abaixo daquele usufruído pelos mais ricos. Para o autor, os investimentos, embora majoritariamente públicos, não conseguiram anular os efeitos da concentração de renda.

O processo de formação e expansão das vilas e favelas nas cidades brasileiras e a trajetória das intervenções de saneamento básico nesses espaços têm implicações na problemática atual. Estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), com base nos dados da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios (Pnad) 2007, indica que, nas áreas urbanas, 13,8 milhões de brasileiros não têm acesso às redes de abastecimento de água, 30 milhões de pessoas não dispõem de rede coletora de esgotos ou fossa séptica e 3,7 milhões não contam com coleta dos resíduos sólidos (Ipea, 2008). O mesmo estudo observa que, apesar de ter ocorrido uma redução entre os anos de 1992 a 2007, ainda persistem no País níveis elevados de desigualdade racial e socioeconômica no acesso aos serviços de saneamento básico, sendo que, em áreas urbanas, há uma diferença de 13% de cobertura por rede de água canalizada entre os 20% mais ricos e os 20% mais pobres. Em relação ao esgotamento sanitário, a diferença atinge 28%. Desigualdades raciais também são observadas pelo Ipea. Segundo o instituto, a população negra e parda que sofre com a falta de acesso aos serviços de saneamento básico no Brasil é cerca do dobro da população branca (WEGRZYNOVSKI, 2008).

A complexa situação das vilas e favelas e a escassez de experiências de intervenções de saneamento

básico nessas áreas fazem com que a efetividade das ações do Estado, enquanto promotor de salubridade ambiental nesses espaços, fique condicionada a programas e projetos construídos com base no reconhecimento dessas realidades, de forma a considerar a conjuntura social, política, econômica e cultural do local objeto de intervenção.

Entendeu-se, na presente pesquisa, que uma intervenção de saneamento básico orientada pela busca de adoção de tecnologias apropriadas, que fomentasse a participação social, a intersectorialidade, a regularização fundiária, assim como considerasse as dificuldades dos moradores de vilas e favelas em arcar com os custos tarifários, estaria mais apta a apreender a conjuntura social, política, econômica e cultural desses espaços, o que contribuiria para sua efetividade. Nesse contexto, tomando como referência as realidades empíricas, buscou-se não só constatar se tais aspectos são considerados pelas intervenções, como também, com base na abordagem dos achados empíricos, à luz do arcabouço teórico-conceitual, identificar as dificuldades e vislumbrar as possibilidades para o desenvolvimento de propostas capazes de atuar na realidade, de forma a transformar as condições de vida nas vilas e favelas.

2. O Estudo

O objetivo deste estudo foi avaliar a adequação das intervenções de saneamento básico em áreas de vilas e favelas. A pesquisa baseou-se nos pressupostos teórico-conceituais estabelecidos a partir das discussões que permeiam o conceito de tecnologia apropriada (TUDELA, 1981, 1982; ALVA, 1984; HELLER, 1989; KLIGERMAN, 1995). As áreas de estudo foram a Vila Nossa Senhora de Fátima, e o Aglomerado da Serra, em Belo Horizonte (BH) e as Vilas Ipê Amarelo e Nova Esperança, em Nova Contagem, Contagem. O público-alvo do estudo foram as comunidades atingidas e os profissionais envolvidos. Buscou-se perceber ou captar informações sobre os seus valores, opiniões e crenças no que concerne às intervenções em saneamento básico, a fim de compreender o significado dos acontecimentos. A realização de entrevistas com membros da comunidade e técnicos decorreu da constatação de que a efetividade das ações depende da consideração das necessidades e compreensão das demandas da população, assim como cabe aos técnicos realizar as ações de saneamento básico a partir dos recursos tecnológicos, humanos e financeiros. Foi realizado um estudo de caso comparativo.

Em vilas e favelas são diversos os atributos que, embora não passíveis ou de complexa quantificação, são relevantes para a apropriação das intervenções de saneamento básico. Dentre esses atributos destaca-se a necessária participação popular no processo de formulação das políticas, a incapacidade da população em arcar com os custos tarifários e a desinformação. Tais

aspectos da realidade, normalmente, não são contemplados pelas metodologias tradicionais de análise, pautadas na objetivação e na quantificação. Para acessá-los e analisá-los passam a ser demandadas estratégias de investigação que contemplem aspectos subjetivos, assim como deem conta de contextualizar a pesquisa, política e socialmente.

Nesse sentido, optou-se pelo arcabouço teórico-metodológico definido no âmbito da pesquisa qualitativa. Segundo Goldenberg (2001), os pesquisadores que adotam a abordagem qualitativa em pesquisas se recusam a legitimar seus conhecimentos por processos quantificáveis que venham a se transformar em leis e explicações gerais. Para Minayo (2007), discutir metodologia é entrar em um forte debate de ideias, de opções e de práticas, não sendo possível tratar separadamente questões epistemológicas e instrumentos operacionais.

As intervenções de saneamento em áreas de vilas e favelas trazem à tona este debate, sendo que a pesquisa qualitativa tem uma importante contribuição acadêmica a oferecer à engenharia sanitária. Para Minayo e Sanches (1993), é no campo da subjetividade e do simbolismo que se afirma a abordagem qualitativa. A utilização desse método ensejou a geração de conhecimentos que poderão aprimorar opções tecnológicas, agregando a elas valores próprios da natureza humana e adequando-as à realidade histórica, social e cultural. Dentre as possíveis abordagens qualitativas, adotou-se, metodologicamente, o estudo de caso. De acordo com Goldenberg (2001), os estudos de caso correspondem a uma análise holística, a mais completa possível, que considera a unidade social estudada como um todo. Para a autora, esta técnica, complementada pelas entrevistas em profundidade, revela o significado daquelas situações para os indivíduos, o que é sempre mais amplo do que aquilo que aparece em um questionário padronizado. Por outro lado, a proliferação horizontal de estudos de caso pode restringir a abrangência das análises. A fim de transpor essa limitação, Reis (2003), ao discutir a formulação de uma agenda de pesquisa em políticas públicas, enfatiza a relevância de comparações, no sentido de explorar as diversas formas institucionais, assim como as motivações variáveis de atores estratégicos. Segundo a autora, a comparação sistemática nos faculta as condições para checarmos o alcance de nossas explicações e interpretações.

Na tentativa de operacionalizar as reflexões apresentadas acima, foi desenvolvida uma proposta metodológica de estudo de caso comparativo entre intervenções de saneamento realizadas em duas localidades, quais sejam, Aglomerado da Serra e Nova Contagem, áreas de vilas e favelas pertencentes à região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. A metodologia aqui adotada consistiu na coleta de evidências a partir de análise documental, observação participante e realização de entrevistas semiestruturadas com os profissionais envolvidos e a comunidade local. Posteriormente, as entrevistas foram transcritas e analisadas segundo o percurso da Análise Temática, metodologia proposta pela corrente denominada Análise do Conteúdo (Bardin, 1994). As estratégias de investigação e análise de dados são, portanto, definidas no âmbito da pesquisa qualitativa.

A escolha das áreas decorreu da constatação de que tanto a Região de Nova Contagem quanto o Aglomerado da Serra caracterizavam-se como espaços periféricos da Região Metropolitana de Belo Horizonte, que passavam por processos de intervenção na área de saneamento básico e que apresentavam características socioeconômicas semelhantes.

Os investimentos no Aglomerado da Serra contaram com recursos da ordem de R\$ 171 milhões, provenientes do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), da Caixa Econômica Federal e da prefeitura de Belo Horizonte (BH, 2007). As intervenções inseriram-se no âmbito do Programa Vila Viva, que além da ampliação de rede coletora de esgotos contemplava também a coleta de resíduos e a drenagem pluvial. O projeto também previa que, com a implantação de infraestrutura sanitária, a atuação do poder público envolveria outras áreas, tais como a urbanização de becos e a geração de emprego e renda.

A intervenção na região de Nova Contagem foi resultado de um convênio firmado entre a Prefeitura Municipal de Contagem, Governo do Estado de Minas Gerais e Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa). Foram investidos na região R\$ 43,2 milhões (Copasa, 2008a). Em Nova Contagem, a proposta de intervenção seguia a concepção tradicionalmente empregada, envolvendo a ampliação da rede de coleta de esgotos e a construção de uma estação de tratamento de esgotos.

Diante dessas características, acreditou-se que a comparação dos estudos de caso delimitados nesses dois espaços de análise poderia contribuir para a geração de conhecimentos sobre intervenções de saneamento básico em áreas de vulnerabilidade social onde exclusão, informalidade e pobreza imprimem, necessariamente, novos contornos às propostas de intervenção que visam à promoção do acesso aos serviços de saneamento básico.

A etapa de pesquisa documental teve como objetivos principais acessar documentos e projetos referentes às intervenções, a fim de identificar as metodologias de trabalho propostas e os atores envolvidos. Foram realizados, também, levantamentos de informações acerca da história das vilas e das intervenções de saneamento básico em publicações existentes nas prefeituras municipais, na Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte (Urbel) e na Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa). Com base na pesquisa documental, levantaram-se dados referentes à articulação das diferentes áreas (saneamento, saúde, educação e assistência social) no âmbito da intervenção em projetos, planos e relatórios disponibilizados pela Urbel e pela Copasa. Também se analisou o envolvimento da população na concepção e elaboração dos documentos que orientam as intervenções nas vilas e o tratamento dado às questões referentes à regularização fundiária e concepções tecnológicas.

Durante os trabalhos de observação participante, buscou-se a inserção da pesquisadora nos ambientes em análise. Participou-se de atividades desenvolvidas por organizações não governamentais que atuam nas Vilas, Pastoral da Criança e Associação São Vicente de Paulo, como também de atividades desenvolvidas pelas comunidades e órgãos públicos, e realizaram-se reuniões com as lideranças comunitárias.

A escolha dos sujeitos que participariam das entrevistas realizadas no estudo ocorreu de forma intencional. Nas comunidades, contou-se com o apoio de lideranças locais. Foram selecionadas pessoas maiores de 18 anos, que residiam nas comunidades em estudo e que foram consideradas “atores-chave”, ou seja, sujeitos que poderiam apresentar informações pertinentes para se alcançarem os objetivos do estudo. As entrevistas foram realizadas com as lideranças comunitárias e membros da comunidade que residiam na região há mais tempo e que, portanto, tendiam a conhecer melhor a realidade local. A identificação desses sujeitos ocorreu durante as atividades de campo. Quanto aos técnicos, optou-se por entrevistar aqueles com atuação direta nas intervenções de saneamento básico que ocorrem nas vilas. Esses profissionais foram identificados pela população e durante os trabalhos de campo.

Antes do início das entrevistas, procedia-se à leitura e assinatura do Termo de Consentimento de Livre Esclarecimento (TCLE). Este termo, assim como os demais componentes do projeto de pesquisa, foi apresentado ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (Coep/UFMG) em 23 de abril de 2008 e teve sua aprovação em 23 de junho do mesmo ano. Foram realizadas entrevistas com 11 moradores. Seis residentes no Aglomerado da Serra, que, no presente trabalho, são identificados por CS1, CS2, CS3, CS4, CS5, CS6. Em Nova Contagem foram realizadas cinco entrevistas, e os sujeitos são denominados nas discussões que se seguem por CN1, CN2, CN3, CN4, CN5. Com os técnicos, realizaram-se sete entrevistas: quatro com técnicos que atuam nas intervenções de saneamento no Aglomerado da Serra, que aqui serão denominados TS1, TS2, TS3 e TS4 e três com técnicos que atuam nas intervenções de saneamento em Nova Contagem, aqui denominados TN1, TN2 e TN3.

As entrevistas realizadas foram analisadas tendo por base os objetos da pesquisa, ou seja, os temas - tecnologia apropriada, participação social, adequação tarifária, intersectorialidade e regularização fundiária - que foram utilizados como unidades de registro para estudar o que leva determinado indivíduo a proferir certa opinião a respeito das características das intervenções de saneamento básico, as atitudes dos envolvidos nas intervenções, suas crenças e as tendências observadas, tendo sempre por base os temas e as teorias que orientam as análises. As entrevistas corresponderam à forma principal de coleta de evidências para apreender os objetos do estudo. Porém, ressalta-se a importância das informações acessadas por meio das análises documentais e da observação participante, sendo que os dados produzidos a partir desses procedimentos foram transformados em textos e também foram analisados. Quanto à observação participante, os registros fotográficos contribuíram para a materialização das informações. Em detrimento da inferência, o que se buscou na etapa de análise dos dados foi interpretar os significados dos acontecimentos por meio de uma leitura qualitativa das informações coletadas nos ambientes empíricos.

3. Os Lugares do Estudo

O Aglomerado da Serra, com população estimada de 46 mil pessoas (BH, 2000a), é um complexo de vilas e favelas situado na região centro-sul do município de Belo Horizonte. O Aglomerado é formado pelas Vilas Cafezal, Marçola, Nossa Senhora Aparecida, Nossa Senhora da Conceição, Nossa Senhora de Fátima e Novo São Lucas (BH, 2000a). A definição da Vila Nossa Senhora de Fátima como unidade de análise ocorreu posteriormente à análise das informações contidas no instrumento de planejamento denominado Plano Global Específico (PGE) Aglomerado da Serra. Em Belo Horizonte (BH), o planejamento das vilas e favelas do município tem sido realizado por meio do PGE, que é composto por uma série de documentos na forma de textos e mapas.

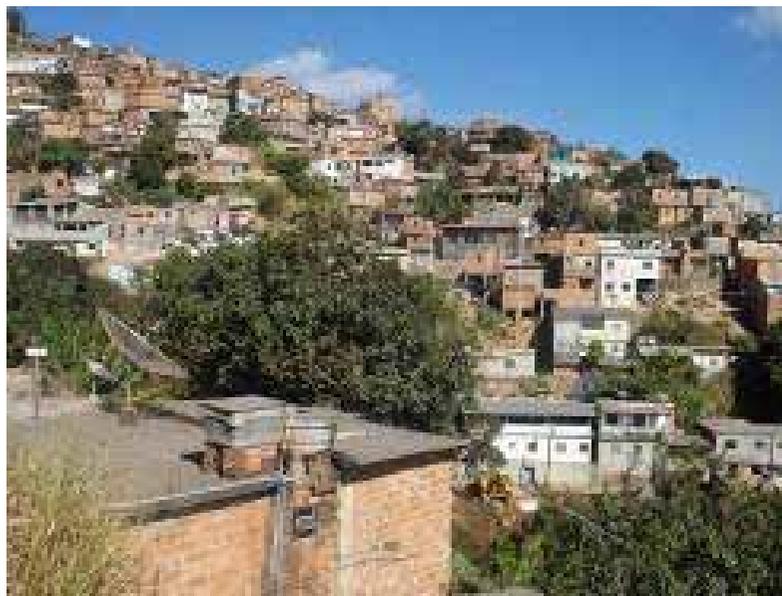


FIGURA 3.1: Vila Nossa Senhora de Fátima. Aglomerado da Serra. 4/2008
Fonte: Arquivo pessoal da autora

De acordo com o PGE - Aglomerado da Serra (BH, 2000b), a Vila Nossa Senhora de Fátima possuía, em 2000, uma população estimada de 13.291 habitantes. A parte mais elevada da vila não era servida por rede de distribuição de água. No que se refere ao sistema de esgotamento sanitário, a Vila Nossa Senhora de Fátima apresentava a situação mais precária entre as vilas do Aglomerado da Serra, com apenas 9,35% das residências ligadas à rede oficial (BH, 2000b). Dentre as vilas do aglomerado, apresentava também as piores condições urbanísticas (BH, 2001). A figura 3.1 retrata a área de estudo.

A Região de Nova Contagem, por seu turno, começou a ser ocupada em meados da década de 1980. Nesse período, foram construídos na área os conjuntos habitacionais Retiro e Nova Contagem. Projetado inicialmente para uma população de 20 mil habitantes, o conjunto habitacional, à revelia das restrições à ocupação, cresceu desordenadamente. Em 2006, relatório apresentado pela empresa YKS Serviços, contratada pela Copasa para desenvolver os trabalhos de mobilização social, educação sanitário-ambiental, estudos técnicos na área de engenharia e adesão à ligação de esgoto em Nova Contagem, indicou que mais de 70 mil pessoas viviam na região sem sistema de esgotamento sanitário. Todo o esgoto e o lixo gerado eram lançados nos córregos que abastecem a Represa Vargem das Flores, um dos mananciais de captação de água da Região Metropolitana de

Belo Horizonte (YKS, 2006). O sistema Vargem das Flores distribui água para, aproximadamente, 400 mil pessoas (Copasa, 2009).

Na Região de Nova Contagem, a opção pela delimitação das Vilas Ipê Amarelo e Nova Esperança como área de pesquisa ocorreu posteriormente à análise dos relatórios apresentados pela YYS Serviços à Copasa e de visitas a campo. Habitam as vilas cerca de 7 mil pessoas. A atividade econômica principal é o descasque de alho. O processo de descasque de alho é realizado na água, com o efluente gerado sendo lançado nas ruas com todos os resíduos sólidos. No momento da pesquisa, o esgoto escoava pelas ruas em grande quantidade, ocasionando um alto nível de insalubridade. Esta região estava dentro da área de abrangência do plano de expansão, e com as ligações e uso não adequados, as cascas de alho podiam danificar a rede implantada. As figuras 3.2 e 3.3 são imagens das áreas e retratam pontos de descasque de alho.

Além do descasque de alho, outra característica das vilas em estudo refere-se à proximidade com a Penitenciária Nelson Hungria. Esse complexo carcerário tem capacidade para mil detentos. Todo o esgoto gerado dentro da Penitenciária era lançado, em estado bruto, nos mananciais da região.



FIGURA 3.2: Ponto de descasque de alho. Vila Ipê Amarelo. 5/2008. Fonte: Arquivo pessoal da autora.



FIGURA 3.3: Ponto de descasque de alho. Vila Nova Esperança. 8/2008. Fonte: Arquivo pessoal da autora

4. Saneamento Básico Descrito pelos Protagonistas

As trajetórias do abastecimento de água, do esgotamento sanitário, do manejo dos resíduos sólidos, da drenagem pluvial e da presença e controle dos vetores das Vilas Nossa Senhora de Fátima, Ipê Amarelo e Nova Esperança foram reconstruídas por meio dos depoimentos. Nas vilas estudadas, os sujeitos entrevistados, de uma maneira geral, percebiam melhorias nas condições de saneamento básico, ao longo do tempo. Essas melhorias decorreram da atuação dos moradores nas associações comunitárias, em movimentos de reivindicação coletiva pelo acesso aos serviços públicos. Tomando como referência o abastecimento de água, pôde-se observar que o percurso de acesso ao serviço, nas vilas, é semelhante ao observado por Jacobi (1984) no município de São Paulo. Segundo o autor, a falta de água para milhares de famílias nos diversos bairros periféricos da cidade de São Paulo fez com que, em 1978, a população começasse a exercer, sobre a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), uma pressão quase diária, por meio de manifestações e passeatas na porta da empresa. Os discursos a seguir corroboram tal constatação:

CS6 “Em 1990, eu tenho aqui um documento que a gente fez um abaixo assinado para o Diretor da Copasa, Doutor Fábio Avelar, que hoje é deputado estadual, pedindo pipa d’água pro pessoal. Que nessa época começou a invasão. Que de primeiro aqui não tinha nada sanitário. Quando eu vim, tinha dez moradias. Na Vila Cafezal tinha 5 casas e aqui na Vila Fátima tinha 10. Quer dizer que eram 15, entre Cafezal e Fátima, tinha 15 pessoas morando, quando eu tinha 17 anos [1945]. Mas, agora já aumentamos. Tem 28 mil habitantes dentro do aglomerado. Cresceu a vila e chegou ali 1.800 e poucos [1980]. A gente já tava com falta da água aqui, porque aumentou a população e a água não tava dando pro pessoal. Então a gente fez um ofício pedindo à Copasa o caminhão pipa. Para que esse caminhão pipa chegasse aqui nós reunimos os poucos moradores que tinha e abrimos a estrada: da Rua Santa Rita até o Hospital da Baleia, na mão. Homens, mulheres, crianças, levando carrinho, levando tudo. O pipa nos forneceu quase cinco anos. O pipa vinha trazer água pro pessoal. Não tava dando também muito certo porque punha os barril, os tambor do lado de fora das casas e aonde punha tambor animal bebia, o povo cuspiu. Aí fizemos um novo ofício pra conseguir ligação da água da Copasa. Aí conseguimos. Tem esse documento aí guardado. 1990. Primeiro, caminhão pipa, 1990. Em 1995, nós pedimos e entrou com o orçamento participativo, nós conseguimos a abertura das ruas aí conseguiu vim a água também.”

CN3 “Às vezes a gente tinha tudo de comê em casa, mas não tinha água pra fazer a comida. Isso foi o pior sufoco que nós passamos: ver a comida, mas, não tinha a água pra fazer. Por exemplo, tem o condomínio aqui, tinha água, mas não adoava nem pra beber, podia tar chorando que eles não adoavam nem um copinho d’água. Aí graças a Deus, aí com muita luta, com muita luta foi chegando. Hoje nós tem a água, tem a água, tem a luz. Mas tudo que nós tem hoje aqui nós corremos atrás, ninguém ganhou nada de graça.”

O movimento de moradores de vilas e favelas era uma força contrária à concepção que prevalecia, e que ainda se faz presente, de que o acesso à água é entendido e explorado como mercadoria, buscando-se sempre a garantia do retorno dos investimentos. No Brasil, a desigualdade no acesso aos serviços, com concentração de deficits em áreas periféricas, onde o poder aquisitivo dos moradores é menor, decorre da persistência dessa concepção, o que, em grande medida, é fruto da influência do modelo exercido durante a vigência do Plano Nacional de Saneamento (Planasa). O Planasa, criado durante o regime militar, corresponde ao último plano de saneamento básico com abrangência nacional e, conforme observado por Heller (2006), ainda exerce forte influência na área de saneamento básico no Brasil. No modelo do Planasa, prevalece a lógica empresarial, sendo a água sua mercadoria, em detrimento de uma concepção mais ampla, que considere a essencialidade da água e o acesso aos serviços de saneamento básico um direito dos cidadãos.

Durante os trabalhos de campo, constatou-se que, embora exista uma atuação do poder público e da

companhia de água e esgoto, a precariedade é ainda a característica predominante das condições de saneamento básico nas vilas. Nos discursos, observou-se que a presença de ratos é ressaltada pelos sujeitos entrevistados, sendo que, dos 11 entrevistados, apenas 2 sujeitos desconhecem a presença de ratos na vila onde residem.

CS1 “Isso aí, isso aí demais e ainda existe. O rato ainda tem muito. Na Vila aí tem. Tem muito rato por causa do mato, dos esgotos. Tem muito rato.”

CN3 “Rato, há muitos ratos. Eles vêm de lá sobe no meu muro, quês grandão, vem lá debaixo pra caçar comida. Porque tinha uma caçamba, nem sei por que que eles tiraram ela, lá na última rua.”

Nas Vilas Ipê Amarelo e Nova Esperança observou-se esgoto correndo a céu aberto e fossas operando em estado precário, situação retratada na figura 4.1. A intervenção de saneamento básico, analisada na presente pesquisa, previa a ampliação das redes de esgoto nas vilas. No entanto, o sistema não tinha sido concluído. Conforme ressaltado por um dos sujeitos:

CN5 “Esgoto aí tá parado. O esgoto não tem esgoto, isso é mesmo, é fossa mesmo. Eles fizeram o encanamento, o encanamento ta aí ó, um mucado de encanamento. Mas não tem a rede de esgoto.”

Em relação à drenagem pluvial, um dos sujeitos da pesquisa faz referência a uma força sobrenatural que protegeria os moradores dos riscos do deslizamento. Para Feltmann (2002), a religiosidade é um apoio nos momentos de maior desamparo, em que ações do governo estão ausentes.

CS2 “Quando chovia, minha filha, teve uma época que eu fiquei debaixo do lençol porque caía a casa feita de adobro [adobe]¹. Deus mesmo que ajudava. Essa daí caiu uma parede. Mas depois, fiquei nessa casa 19 anos, de adobro, não tinha esse negócio de coluna. Porque era de adobro. Deus guardava a gente mesmo, guardava mas guardava mesmo.”



FIGURA 4.1: Fossa em estado precário. Vila Ipê Amarelo. 5/2008. Fonte: Arquivo pessoal da autora

Também foram constatadas deficiências nas ações de limpeza pública. Existem, nas vilas, pontos de acúmulo de resíduos sólidos e presença de botas-fora. Situações ilustradas nas figuras 4.2 e 4.3.

¹ Adobe: tijolos rústicos feitos de terra, água e palha ou outras fibras vegetais.

Na Vila Nossa Senhora de Fátima, as condições do saneamento básico eram melhores, em comparação ao observado nas Vilas Ipê Amarelo e Nova Esperança. O que parece ser predominante nessa diferenciação é a proximidade do núcleo urbano. A Vila Nossa Senhora de Fátima localiza-se na região centro-sul de Belo Horizonte. Já as Vilas Ipê Amarelo e Nova Esperança estão a, aproximadamente, 16 quilômetros do centro de Contagem e a 50 quilômetros do núcleo central de Belo Horizonte. Longe dos “olhos da sociedade” que, embora não sejam vigilantes quando o assunto são as vilas e favelas, exercem algum grau de pressão sobre o poder público e a companhia de água e esgotos. Rolnik (2002) destaca que a ocupação de periferias precárias é um fator que acaba por estender a cidade indefinidamente, o que gera uma necessidade de expansão dos sistemas a distâncias cada vez maiores, com o consequente aumento dos custos de implantação.

O aspecto convergente da situação do saneamento básico nas vilas refere-se à presença de vetores ou reservatórios de doenças, tais como ratos. Essa constatação sugere que a falta de integração entre as ações de saneamento básico, que envolvem todos os serviços correlacionados, quais sejam o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza pública, a drenagem pluvial e o controle de vetores de doenças transmissíveis, como também ações de educação sanitária e ambiental e organização da sociedade local, tem implicações do ponto de vista prático. Por mais que se avance no equacionamento dos deficits de algum desses serviços, as deficiências em outros ou mesmo a forma como a população se relaciona com a infraestrutura implantada e com a gestão dos serviços podem ocasionar a persistência dos



FIGURA 4.2: Crianças recolhendo lixo em bota-fora. Vila Ipê Amarelo. 5/2008. Fonte: Arquivo pessoal da autora



FIGURA 4.3: Lixo em via pública. Vila Nossa Senhora de Fátima. 7/2008. Fonte: Arquivo pessoal da autora

problemas que se deseja combater, tais como os riscos à saúde pública decorrentes da insalubridade do meio. Para Heller (1998), a área de saneamento básico carece de aproximação com a perspectiva de saúde pública, visualizando seus fins e não os meios para atingi-la e, assim, ampliando a eficácia de suas ações.

Embora a análise acima conduza à constatação de que ainda persistem poderosos óbices para a superação da exclusão do acesso aos serviços de saneamento básico em áreas de vilas e favelas, é preciso reconhecer que, nos últimos 30 anos, ocorreu, no Brasil, um avanço significativo de cobertura por rede de abastecimento de água nas áreas urbanas onde, aproximadamente, 90% da população tem acesso à rede geral de água. Rezende e Heller (2008), ao discutirem o avanço na universalização da cobertura de rede de abastecimento de água nas áreas urbanas, afirmam que a população ainda desprovida do serviço, cerca de 12 milhões de brasileiros, localiza-se, predominantemente, nas áreas periféricas e de urbanização informal.

As fotografias a seguir ilustram a situação relatada pelos sujeitos que ressaltam a melhoria do serviço de abastecimento de água nas últimas décadas. A figura 4.4 é uma imagem da condição atual da Primeira Água, uma das fontes de abastecimento utilizadas pelos moradores do Aglomerado da Serra. As figuras 4.5 e 4.6 retratam as condições de abastecimento das Vilas Ipê Amarelo e Nova Esperança. São imagens do abastecimento de água por meio de caminhão pipa e de uma cisterna, fonte de água para os moradores. Essas formas de abastecimento predominaram até meados da década de 90, momento a partir do qual os moradores passaram a ter acesso à rede de distribuição de água.



FIGURA 4.4: Primeira Água. Vila Nossa Senhora de Fátima. 7/2008. Fonte: Arquivo pessoal da autora



FIGURA 4.5: Abastecimento por meio de caminhão-pipa. Vila Nova Esperança Meados da década de 90. Fonte: Membro de grupo de missionários com atuação na região



FIGURA 4.6: Cisterna utilizada. Vila Nova Esperança. 5/2008. Fonte: Arquivo pessoal da autora

5. As intervenções de saneamento básico nas vilas

O termo tecnologia apropriada sugere a possibilidade de adaptação da tecnologia ao meio que a adota, em termos físicos, ambientais, culturais e sociais, e que proporcione o desenvolvimento da autodeterminação das populações (KLIGERMAN,1995). Para Tudela (1982), como corrente de pensamento, a tecnologia apropriada surge como consequência da recolocação e consecutiva ampliação do termo tecnologia, com base na compreensão da pluralidade e da não neutralidade da opção técnica, de suas múltiplas determinações e da estreita vinculação entre estas opções e seus impactos sociais e ambientais.

A fim de orientar a análise das intervenções no tocante à adoção de tecnologias apropriadas, foram utilizados os critérios analíticos propostos por Tudela (1981). Segundo o autor, deve-se analisar em uma alternativa tecnológica seu potencial de proporcionar a satisfação de necessidades básicas, de promover o desenvolvimento social e humano, e o desenvolvimento ambiental e de recursos.

As intervenções na Vila Nossa Senhora de Fátima e Vilas Ipê Amarelo e Nova Esperança convergiram em sua concepção mais ampla. Em relação às características de uma tecnologia apropriada, retornando aos critérios analíticos propostos por Tudela (1981), as ações nas vilas tiveram o potencial de satisfazer às demandas básicas no tocante à prevenção de doenças, tendo em vista que redes de esgoto, interceptores e pavimentação atuam como barreiras e reduzem a exposição da população aos agentes patogênicos. Em relação ao desenvolvimento ambiental, também proporcionaram melhorias, já que a implantação dos sistemas reduz a degradação e a contaminação do ambiente. Por outro lado, o que afasta ambas as intervenções do que é necessário para uma solução tecnologicamente apropriada é a sua falta de compromisso com o desenvolvimento social e humano.

Nesse aspecto, observou-se nos discursos que, de uma maneira geral, os sujeitos da pesquisa se reconhecem enquanto receptores e mantenedores da infraestrutura implantada, e que a participação social visa a facilitar a adesão às redes, em detrimento de uma concepção mais ampla, orientada pela busca de autodeterminação e auto-organização das comunidades. A inserção dos sujeitos, enquanto atores que apresentam capacidade de ação e participação na construção da alternativa tecnológica, é essencial em uma intervenção que se orienta pela adoção de tecnologias apropriadas. Os discursos a seguir corroboram esta análise:

CS6 “Eu, eu tenho uma confiança que é responsabilidade da Copasa e do governo. Mas a população tem que a ver porque compete à população aceitar. Se for preciso de mudar cerca aí, tem um terreno enorme fechado, plantando ou criando animal, precisa passar uma rede de esgoto ali, uma rede de água, o morador tem que ceder sua parte...”

CS1 “(...) O papel da população era contribuir para conservar, para conservação, não soltando lixo nas ruas, nas encostas, nos becos. Porque quando chove é um caos, um transtorno. Então eu acho que a população tem tudo a ver e tem que respeitar.”

Nas Vilas Ipê Amarelo e Nova Esperança, a ideia de manutenção e preservação das estruturas implantadas também se faz presente. No entanto, em decorrência da demora na realização e conclusão das obras, a população, a fim de garantir seus direitos, é levada a se envolver na busca de soluções e na reivindicação de melhorias, conforme se pode observar nos discursos:

CN2 “Até que pode até ser no documento ali, é uma coisa do governo, uma coisa da Copasa que a população não precisa preocupar. Mas só que, infelizmente, eles assim trabalham de uma forma assim, às vezes, de uma forma assim, do jeito que eles querem. Vai enrolando, vai enrolando, aí é aonde que os moradores tem hora que tem que dar o grito...”

CN5 “É da Copasa e do governo. Muito bem, porque se a Copasa encruza os braços e não vier fazer nada, nem o governo, qual é o jeito nosso? É a população que mora ali tem que correr atrás. Não é isso? Tem que correr atrás. Se eles não vim. É igual nós tá falando sobre a rede de esgoto, sobre a fosse, se a gente não correr atrás deles eles não vem não, eles não vem cá oiar pra nós...”

Na Vila Nossa Senhora de Fátima, as intervenções apresentam caráter paradoxal. Por um lado, observam-se a promoção do acesso aos serviços de saneamento básico, a preocupação quanto aos aspectos sociais, a destinação de recursos e o envolvimento da comunidade e profissionais. Por outro, constata-se um elevado número de remoções - decorrentes de obras de grande porte -, a indefinição quanto à sustentabilidade dessas obras, a exclusão de determinados domicílios e o risco de que pressões externas, como, por exemplo, a especulação imobiliária, venham, no médio e longo prazos, sejam ainda mais danosas para esta população. A edificação de prédios residenciais, com oito unidades

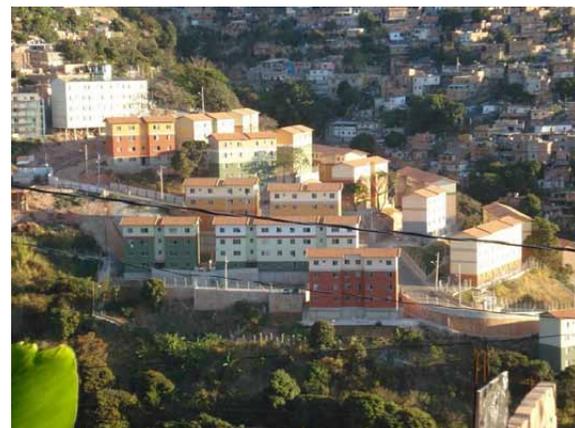


FIGURA 5.1: Imagem Vila Nossa Senhora de Fátima. Conjunto Habitacional. 8/2008
Fonte: Arquivo pessoal da autora

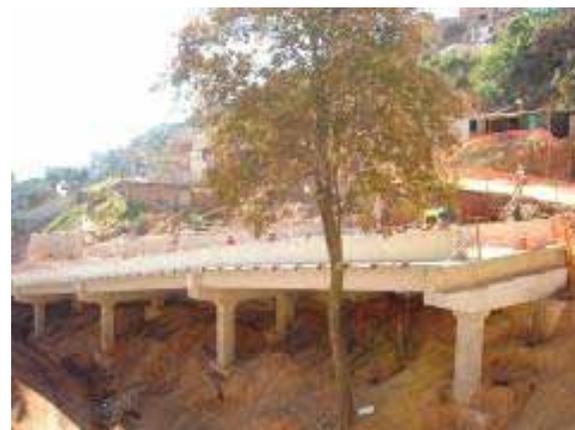


FIGURA 5.2: Etapa de construção da Avenida do Cardoso. Vila Nossa Senhora de Fátima. 7/2008
Fonte: Arquivo pessoal da autora

habitacionais cada, e a construção de uma avenida - Avenida do Cardoso - constituem o núcleo das ações na vila. A possibilidade de remoção aflige os moradores e foi um aspecto reiteradamente levantado pela população durante os trabalhos de campo. Para a realização das intervenções no Aglomerado da Serra, foram removidas, de acordo com o Plano Multissetorial Integrado, 2.251 famílias (BH, 2004). Dessas, apenas 47 remoções referem-se à implantação de equipamentos públicos. Na figura 5.1 pode-se observar o conjunto habitacional que foi construído na vila e a figura 5.2 retrata os trabalhos de construção da avenida. Um técnico entrevistado ressalta a dificuldade encontrada pela população em adaptar-se às novas condições de moradia, conforme se observa no trecho transcrito.

S4 "A maioria absoluta das vezes a gente alterou completamente a condição humana dessa família. Retirou ela de um local insalubre, de um local impróprio, sem acessibilidade, sem condição digna de morar, real. Que morava ali com esgoto, com rato, com barata, com risco, com todos esses aspectos, digamos, da condição imprópria de morar. Transferimos essas famílias para uma moradia com dignidade, com segurança, com um mínimo de conforto, com salubridade, com endereço, inserida no contexto urbano, com acesso, com endereço, tudo isso. E ao longo do tempo essas famílias, a gente faz este trabalho todo, não é muito incomum, passa alguns meses que a família está morando, nos procuram porque quebrou um vidro, querem que você troque. Porque a caixa de gordura do seu apartamento está cheia, ligam para gente, falam: ó, o encanamento tá com problema. Então assim é um exemplo típico, mas que a gente observa, por parte inclusive da comunidade, uma dificuldade muito grande em assumir autonomamente aquilo que é da responsabilidade dela ou mesmo se organizar de maneira condominial."

Nas Vilas Ipê Amarelo e Nova Esperança as intervenções iniciaram em 2006 e encontravam-se interrompidas no momento da pesquisa. A infraestrutura implantada mostrava sinais de deterioração, tendo em vista que as águas servidas continuavam a ser dispostas nas vias públicas. Embora as vilas estudadas já contassem com redes de esgotamento implantadas nas vias públicas, os ramais internos², em sua maioria, não foram implantados. Nessa situação, a população permanecia fazendo uso de fossas para fins de disposição dos esgotos sanitários. No discurso de um dos técnicos entrevistados observa-se a culpabilização da população por sua não adesão aos sistemas:

TN2 "(...) O que dificulta naquela região, o que tem dificuldade, o que tem acontecido nas vilas e favelas é o uso abusivo da água, e eles fazem o famoso gato, então dificulta o acesso de entrada de leiturista, pessoal do corte que vai lá pra regularizar... O esgoto é, muitas pessoas que não têm acesso à rede de esgoto, é porque às vezes elas não querem ligar seu esgoto na rede da Copasa por não pagar..."

² Ramal Interno: Parte do sistema de esgotamento sanitário que proporciona a ligação do domicílio à rede pública.

De acordo com Rezende (2005), que estuda os aspectos demográficos da cobertura urbana por sistemas de saneamento básico no Brasil, os determinantes para a não adesão aos sistemas implantados referem-se à qualidade do serviço ofertado e a aspectos culturais. Jacobi (1989), em pesquisa que analisa três experiências reivindicatórias voltadas para saneamento e saúde em áreas periféricas do município de São Paulo, ressalta que quando as comunidades se uniram e decidiram sobre as políticas públicas a serem implementadas, as soluções propostas para os problemas ambientais favoreceram a adesão aos serviços e às novas práticas de higiene estabelecidas. Na presente pesquisa, também foi objeto de análise a não adesão às redes implantadas em decorrência da incapacidade dos usuários em arcar com os custos tarifários, aspecto também ressaltado por um técnico:

TN3 "(...) de repente você chega lá, que ótimo, é ótimo o desenvolvimento, rararara, mas isso traz um impacto econômico muito grande na vida daquelas famílias... Então, uma das questões que eu acho que é um problema é esse. Porque facilmente isso pode retornar ao estágio anterior, na hora que ela estiver impossibilitada..."

Segundo o Relatório do Desenvolvimento Humano (RDH) 2006, que aborda a escassez e a relação da crise mundial da água com poder e pobreza, a crise do abastecimento de água e do esgotamento sanitário é, acima de tudo, uma crise dos pobres. De acordo com o Relatório, o princípio perverso que se aplica a grande parte do mundo em desenvolvimento é de que as pessoas mais pobres não só têm acesso a menos água, e a menos água potável, como também pagam alguns dos preços mais elevados do mundo (Pnud, 2006). Para o RDH 2006, assim como faz o Reino Unido, deve-se assegurar que nenhuma família tenha de despendar mais de 3% do seu rendimento para satisfazer as suas necessidades de água, diante da possibilidade de limitação do consumo em decorrência de incapacidade dos usuários em arcar com os custos tarifários (Pnud, 2006). Na presente pesquisa, para 9 dos 11 entrevistados, o comprometimento da renda mensal com pagamento da conta de água ultrapassa 3%, conforme pode ser observado na figura 5.5. Outro aspecto que chama atenção refere-se à constatação de que 10 dos 11 sujeitos da pesquisa ainda não pagam a parcela referente ao esgotamento sanitário. Nesse contexto, no médio prazo, o impacto do pagamento da conta de água e esgotos na renda mensal das famílias será ainda maior.

**Conta de água e/ou esgoto - Impacto na renda familiar -
Média últimos 3 meses**

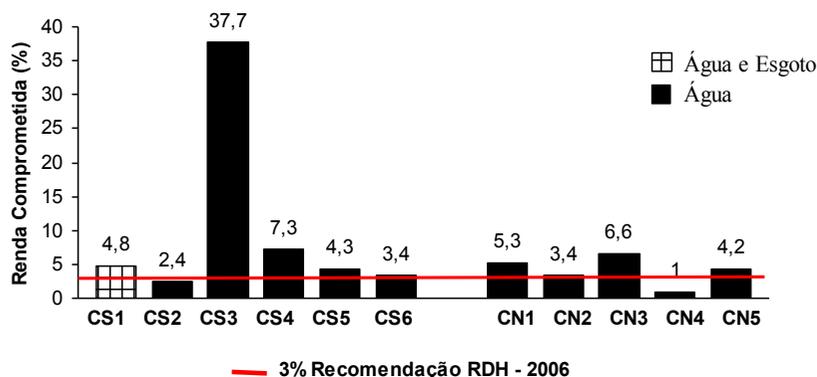


FIGURA 5.5: Impacto da conta de água na renda familiar. Vilas Nossa Senhora de Fátima, Ipê Amarelo e Nova Esperança

Muller (2008), ao discutir a experiência sul-africana em garantir uma quantidade de água suficiente para suprir as necessidades básicas dos cidadãos, afirma que a não adesão aos sistemas de abastecimento de água implantados, em decorrência da incapacidade da população em arcar com os custos da infraestrutura implantada, estabeleceu o contexto para a revisão da política de tarifação do consumo de água naquele país. Para Selborne (2001), é verdade que os muito pobres pagam muito pela água que consomem, mas esses custos são, muitas vezes, ocultos. O autor ainda complementa:

Além disso, embora possam ser obrigados a pagar um preço elevado como indivíduos, não está claro como poderiam contribuir para o pesado investimento de capital necessário para a construção de grandes sistemas de suprimento que no longo prazo reduziram o seu custo individual (SELBORNE, 2001, p. 45).

No Brasil, de acordo com Andrade (1995), entre as empresas prestadoras de serviços públicos é generalizada a prática de se usar estruturas tarifárias com faixas ou blocos de consumo. Esse sistema de preços estabelece tarifas mais baixas para usuários que consomem uma menor quantidade dos serviços e crescentes tarifas para os que consomem mais, visando a organizar uma forma de subsídio cruzado para favorecer o consumo dos mais pobres. A hipótese básica deste sistema de preços é de que há uma associação positiva entre o consumo domiciliar desses serviços e o rendimento de seus moradores (ANDRADE, 1995).

Nas cidades de Contagem e Belo Horizonte, a prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário foi concedida, pelas administrações públicas municipais, à Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), que utiliza a estrutura tarifária em faixas de consumo para o cálculo do valor da conta mensal de água e esgoto. A partir do consumo mínimo de 6 metros cúbicos, as tarifas são calculadas de acordo com a faixa de consumo na qual o usuário se

enquadra. Os preços cobrados pelo consumo residencial de água variam entre R\$ 0,56 por m³, para um consumo situado na faixa entre 6 m³ e 10m³, e R\$ 7,36 por m³, para um consumo de água superior a 40 m³. O preço cobrado pelo serviço de esgotamento sanitário corresponde a 60% do valor cobrado para água em qualquer uma das faixas de consumo. A estrutura de preços adotada pela Copasa, no que se refere à categoria de consumo residencial, é apresentada na tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Valores e tarifas aplicados ao consumo residencial pela Copasa/MG a partir de 2/3/2008

Categorias	Faixas de consumo (m ³)	Tarifas (R\$)	
		Água	Esgoto
		Valor da conta	Valor da conta
Item I Residencial normal com consumo até 6 m ³	0 - 6	17,62	10,57
Item II Residencial com consumo > 6 m ³	0 - 6	18,23	10,94
Item II Residencial com consumo > 6 m ³	Faixas de consumo (m ³)	Tarifas (R\$/ m ³)	
		Água	Esgoto
		Valor da conta	Valor da conta
	> 6 - 10	0,56	0,34
	> 10 - 15	3,98	2,39
	> 15 - 20	3,99	2,39
	> 20 - 40	4,01	2,41
> 40	7,36	4,42	

Fonte: Copasa, 2008b

Andrade (1995), ao relacionar o consumo domiciliar médio mensal de água por classe de rendimento domiciliar mensal no Estado do Paraná, observa que as quantidades consumidas em média crescem nas faixas de rendimentos domiciliares superiores. Entretanto, essa relação positiva entre as duas variáveis não é muito forte. O autor ainda complementa:

Se se quer que as empresas de saneamento cobrem preços diferenciados segundo nível de rendimento dos usuários, as tarifas deveriam estar diretamente relacionadas com a situação financeira dos mesmos e não com a quantidade consumida deste serviço (Andrade, 1995, p. 37).

Em 30 de janeiro de 2008, o Governo do Estado de Minas Gerais, por meio da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana, instituiu, a partir da Resolução nº 073, os critérios para a inclusão de usuários no benefício da tarifa social. A tarifa social é uma forma de subsídio que visa a proporcionar o acesso da população de menor poder aquisitivo a um consumo básico de água. De acordo com a referida resolução, o presidente da companhia poderá autorizar o enquadramento de clientes beneficiados com a Tarifa Social, desde que residentes em imóveis com área construída³ menor ou igual a 44m² e consumo de água igual ou inferior a 15m³, por economia, por mês (Governo do Estado de Minas Gerais, 2008). Os usuários que atendem às especificações podem solicitar o benefício à Copasa, que, mediante vistoria do imóvel, cadastra o usuário, que passa a ter descontos na conta mensal de água e de esgoto. O total do desconto foi fixado com base anual, de acordo com a quantidade consumida. A proporção do desconto diminuirá entre os anos de 2008 e 2010. Em 2009, para aqueles usuários que se enquadram nos critérios estabelecidos para o recebimento da tarifa social e que se encontram cadastrados na companhia de saneamento, os descontos variarão entre 51%, para os que consomem até 10m³ de água por mês, e 40%, para os que consomem até 15m³, conforme apresentado na tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Descontos da tarifa social nos anos de 2008, 2009 e 2010

Descontos aplicados cliente tarifa social (%)			
A partir de:			
Consumo em m ³	3/2008	3/2009	3/2010
Até 10	55	51	50
11	50	43	40
12	45	41	40
13	43	41	40
14	41	40	40
15	41	40	40

Fonte: Copasa, 2008b

Um esforço inicial será empreendido aqui no sentido de analisar a pertinência das tarifas sociais enquanto meio de subsidiar o consumo dos mais pobres. Nesse sentido, o primeiro passo será analisar os critérios de inclusão de usuários como aptos a receber o benefício.

³ Área construída: inclui todos os cômodos com cobertura.

a) Análise de critério de inclusão como beneficiário de tarifa social: consumo mensal por economia menor ou igual a 15m³.

O estabelecimento do critério de inclusão no benefício da tarifa social de acordo com o consumo mensal por economia pode limitar o acesso das famílias residentes em vilas e favelas ao benefício. Isso porque a companhia de saneamento assim define economia:

Uma economia refere-se a um imóvel de uma única ocupação ou subdivisão de imóvel com ocupação independente das demais, perfeitamente identificável ou comprovável em função da finalidade de sua ocupação legal, dotado de instalação para uso dos serviços de água ou de esgoto (Copasa, 2009).

No entanto, em vilas e favelas não é raro a existência de coabitação familiar. Segundo a Fundação João Pinheiro (FJP, 2005), a coabitação familiar engloba as famílias conviventes e os cômodos e representa o componente mais expressivo do déficit habitacional no Brasil. Na Região Metropolitana de Belo Horizonte, com base na Pnad 2005, existem 100.296 domicílios em situação de coabitação familiar, sendo que 86,3% dessas famílias possuem renda mensal igual ou inferior a três salários mínimos (FJP, 2005). Sendo assim, pode ocorrer adensamento dos domicílios e a conseqüente maior demanda por água fazendo com que, justamente as famílias mais necessitadas, tenham maiores dificuldades para consumir uma quantidade inferior à 15m³.

Na análise aqui empreendida, apesar de estar sujeita ao viés da coabitação familiar, considerar-se-á que uma economia corresponde a um único domicílio onde reside uma única família de tamanho médio ao observado no Aglomerado da Serra e em Nova Contagem. Conforme ressaltado os critérios de inclusão estabelecem que o consumo máximo por domicílio deve ser de 15m³ por mês. Faz-se necessário analisar se esta quantidade é suficiente para suprir as demandas básicas de consumo de uma família em um mês. Para tanto, duas variáveis devem ser atendidas: a quantidade mínima demandada para que um indivíduo tenha condições de suprir suas necessidades básicas e o número de residentes por economia.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), o cálculo dos requisitos mínimos de água, para que os riscos à saúde sejam reduzidos, deve ser baseado nas demandas para hidratação, preparo e higienização de alimentos e promoção de higiene básica (lavar as mãos, tomar banho e lavar as roupas). Para a OMS, todas essas demandas básicas são asseguradas quando o acesso se faz por fontes intradomiciliares e a quantidade consumida é igual ou superior a 100 litros/pessoa/dia (OMS, 2003). Em relação ao número de residentes por domicílio, tomando como referência o Aglomerado da Serra⁴ (BH, 2000) e Nova Contagem⁵ (Contagem, 2005), tem-se uma média de

⁴ Média de pessoas por domicílio: 4,19.

⁵ Média de pessoas por domicílio: 4,17.

4,18 pessoas por domicílio. A título de comparação, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), a média nacional, com base na Pnad 2007, é de 3,2 pessoas por domicílio. Considerando-se uma residência com cinco pessoas, um consumo básico de 100 litros/pessoa/dia e um período de 30 dias, a quantidade demandada seria de 15m³, ou seja, o critério estabelecido para que o usuário de baixa renda seja beneficiado pela tarifa social, no que envolve a quantidade máxima consumida, não contraria os requisitos estabelecidos pela OMS, à exceção dos domicílios com mais de cinco moradores.

De acordo com as tarifas e os valores aplicados e o desconto da tarifa social referente ao ano 2009, apresentados nas Tabelas 5.1 e 5.2, respectivamente, o valor da conta mensal de água e esgoto desse domicílio será de R\$ 38,77. Para que o impacto do pagamento dessa conta na renda mensal dos moradores não ultrapasse o limiar de 3%, limite recomendado pelo RDH - 2006, a renda mensal da família deve ser de R\$ 1.292,33. Também tomando como referência o Aglomerado da Serra⁶ (BH, 2000) e Nova Contagem⁷ (Contagem, 2005), tem-se uma renda média mensal de 1,88 salários mínimos⁸, o que corresponde a uma renda média mensal de R\$780,2. Sendo assim, o impacto médio do pagamento da conta de água e esgoto na renda mensal de uma família de cinco pessoas, residentes no Aglomerado da Serra e em Nova Contagem, consumindo uma quantidade de água suficiente para suprir suas demandas básicas é de 4,96%. Com base neste cenário, que não é o único e que está sujeito a vieses, mas que pode ser utilizado para orientar uma reflexão inicial, o valor da conta de água supera o limiar recomendado pelo RDH - 2006. Nesse contexto, uma família de tamanho e renda médios aos observados no Aglomerado da Serra e em Nova Contagem, pode ter seu acesso à água impedido ou limitado, a um volume inferior ao demandado para suprir suas necessidades básicas, em decorrência da incapacidade de arcar com os custos tarifários.

Refletindo em outra perspectiva, faz-se a mesma análise para a parcela dos brasileiros mais ricos, ou seja, aqueles 3% que residem em domicílios nos quais a renda média mensal é de 20 salários mínimos ou mais. O preço dos mesmos 15m³ seria de R\$ 64,62, o que representa 0,78% da renda mínima de R\$ 8.300. Sendo assim, o impacto do pagamento da conta de água e esgoto na renda mensal de uma família de cinco pessoas, situada entre os brasileiros mais ricos, consumindo uma quantidade de água suficiente para suprir suas demandas básicas, é de, no máximo, 0,78%. Nesse contexto, observa-se que a elevada desigualdade na distribuição de renda no País é um aspecto relevante para que sejam formulados modelos tarifários que distribuam, de forma mais equânime, os impactos da remuneração dos serviços de água e esgoto.

b) Análise de critério de inclusão como beneficiário de tarifa social: metro quadrado de área construída menor ou igual a 44m².

⁶ Renda média mensal: 2 salários mínimos.

⁷ Renda média mensal: 1,76 salário mínimo.

⁸ Valor corrente: R\$ 415,00.

Ao que tudo indica, a hipótese desse critério é de que uma família de baixa renda, e que, portanto, demanda subsídio no pagamento da conta de água, reside em uma moradia com área construída inferior a 44m². Não foi possível, no presente trabalho, identificar a justificativa da companhia de saneamento para o estabelecimento desse critério. No entanto, também aqui se faz uma ressalva. Em vilas e favelas, é prática o fenômeno da autoconstrução das moradias, na qual os moradores constroem suas casas espontaneamente, aumentando o tamanho da área construída, com consequente limitação do acesso ao benefício da tarifa social.

c) Análise de critério de inclusão como beneficiário de tarifa social: o usuário precisa requerer o benefício.

A inclusão do usuário como beneficiário da tarifação social não é automática. Sendo assim, o consumidor deve requer à Copasa seu cadastramento. Para tanto, é necessário que ele seja informado da possibilidade, benefícios e da lógica na qual se baseia a tarifação social. Em relação às tarifas de água e/ou esgotos, o que se observou nesta pesquisa é um desconhecimento em relação à política tarifária praticada e de seu impacto na renda dos moradores de vilas e favelas. Parece possível afirmar que predomina, entre comunidade e técnicos, uma falta de clareza na apreensão do significado e da dimensão desse impacto. Dois sujeitos demonstram uma compreensão confusa dos critérios utilizados para a definição das tarifas:

CS4 "Aqui eles falaram que cada qual vai ter sua propriedade, vai ter seu título de capitalização pra todos, entendeu? Vai capitalizar todo mundo. Vai ser medido as áreas, o tamanho. Quem tiver área grande paga pela grande, quem tiver pequena paga pela pequena. Isso é a conversa deles, agora num sei, num posso afirmar nada. Porque você sabe que todo dia eles muda, vem mudando aí, num sei como é que fica."

CN3 "Isso eles falaram um tempo aí que a gente tinha que pagar não sei quantos por cento dessa tarifa. Porque tem que pagar as duas, a água e o esgoto. Eles falaram numa porcentagem aí, que eu também não entendi muito não."

Conforme se observa nos discursos a seguir, entre os técnicos entrevistados, prevalece a aprovação da estrutura de cobrança estabelecida pelas tarifas sociais que, segundo os mesmos, geram preços acessíveis. No entanto, são feitas ressalvas quanto aos critérios de inclusão de beneficiários:

TS2 "Essa tarifa social, para quem tem a comunidade de baixa renda, é extremamente justo. Porque você paga aí seis reais por 10 mil litros de água. Isso é o preço de duas Coca-Cola. Eu acho isso super justo."

TS3 “Eu acho a tarifa social uma maravilha. Eu só não concordo com a política da empresa quando ela limita essa tarifa social a 44 metros. Porque 44 m de área construída, se você pensar, ela é pouca coisa, você tem que pensar que os moradores desses aglomerados, normalmente, a família deles é grande...”

TN1 “(...) É que todo mundo tem direito. Essa história toda é pra dizer que todo mundo tem direito a uma água de ótima qualidade. E a tarifa social garante isso. Quer dizer, ela busca garantir esse acesso. Ela busca garantir... É, busca garantir porque é em situação de miséria muito grande, quando a pessoa realmente não conta com nenhum recurso, talvez, assim, ela não possa pagar nem essa tarifa mínima...”

TN2 “Eu acho ótimo. Porque as pessoas que mora em pequenas áreas têm acesso à água tratada pagando uma tarifa. Agora, as pessoas não sabem disso, a maioria das pessoas não sabem disso...”

Selborne (2001) ressalta que a água é um valor superordenado, ou seja, um valor que ultrapassa a vantagem utilitária imediata. Para o autor, deve-se apreciar o valor intrínseco e profundo da água, reconhecendo que a água não é só um meio para atingir outros fins, mas é essencial como um fim em si mesmo. Quando questionados se o pagamento da conta de água e/ou esgoto vale pelo serviço prestado, os moradores entrevistados ressaltam satisfação em pagar a conta diante da essencialidade da água, ao mesmo tempo em que expressam a reduzida qualidade do serviço ofertado à população, uma vez que é marcante nas falas o relato de situações de intermitência no abastecimento de água. A intermitência no abastecimento de água, além de fazer com que a população recorra, para suprir suas necessidades, a fontes inseguras quanto à qualidade da água, é responsável pela utilização indiscriminada de reservatórios domésticos, de uso disseminado no País, e que em muitos casos oferecem riscos de contaminação da água distribuída pelo sistema de abastecimento. Rezende (2005) ainda destaca que, no âmbito do abastecimento de água, a qualidade do serviço prestado é determinante para a adesão dos domicílios aos sistemas implantados. Os trechos a seguir corroboram essa análise:

CS5 “O pagamento das contas, se vale? Vale. Valeu a pena. A água a gente paga essas contas que vem. Mas, satisfeita, porque não, se ela farta, mas é poucas horas do dia. Porque sempre farta, farta mais umas horas do dia mas por causa da manutenção. A gente tá contente. É uma maneira de eu, a gente sente satisfeito.”

CN1 “Vale. Vale pelo serviço porque vê, se nós não tivesse a água, o que seria de nós? Eu acho que sem água a pessoa fica assim: ai, eu não tenho água. Às vezes, um dia só que falta água, às vezes a caixa é só de 500 litros, às vezes o pessoal aqui fica dois dias

sem água, todo mundo tá clamando, vem pra outros lugar buscar água, os vizinhos que têm mais água. Esses dias mesmo ficou assim, dois dias sem água, a gente vê que é muito difícil.”

CN3 “Como assim? Se vale? Vale porque a gente sem a água, boba, não é nada. A gente precisa da água pra tudo. Pra lavar, pra cozinhar, pra tomar banho, pra construir. A gente sente mais falta da água do que a luz. Porque a luz a gente se vira, esquenta água lá. Mas, a água ela é uma coisa que jamais que poderia faltar.”

A água é um bem essencial, por outro lado, como ressaltam Hukka e Katko (2003), a infraestrutura de água e esgoto é um monopólio natural, já que em uma área só é viável a construção de um único sistema. Nesse contexto, os usuários dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário estão expostos à política tarifária estabelecida pela companhia de água e esgoto. Para Hukka e Katko (2003), faz-se necessário desenvolver e organizar formas de controle e regulação que protejam, entre outros, os direitos dos consumidores.

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (Idec), após realizar um estudo sobre tarifas praticadas por 11 prestadores de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, questiona a prática de repassar todos os custos de operacionalização do serviço para o consumidor em forma de tarifas. Segundo o estudo, essa prática responsabiliza o consumidor por decisões sobre as quais ele não tem possibilidade de influir, além disso, pode limitar ou impedir o acesso dos indivíduos a serviços que são essenciais para a vida humana (Idec, 2007). Este aspecto é bem apreendido por um sujeito que afirma não saber se vale ou não pagar a conta de água. Porém, diante da necessidade de água, se vê obrigado a pagar a tarifa:

CS2 “Sei lá. Todo jeito se não pagar fico sem a luz. Se não pagar fica sem a água. Mas se for comprar alguma coisa, não dá.”

Heller (1989) ressalta que, diante da necessidade de reestudo da política tarifária no País, constitui uma primeira necessidade contemplar, de forma mais coerente, as diferenciações sociais, econômicas e regionais existentes. E, em segundo lugar, deve-se buscar a reformulação do conceito de viabilidade. Briscoe (1987), ao analisar a relação custo/benefício dos investimentos públicos em abastecimento de água e esgotamento sanitário, afirma que as metodologias tradicionalmente empregadas, tais como as que utilizam como indicador de benefício a redução da mortalidade infantil, subestimam os benefícios à saúde decorrentes das ações de saneamento, já que desconsideram, entre outros, os benefícios relacionados à redução da morbidade e da mortalidade em todas as faixas etárias. O autor ainda ressalta que, ao buscar estabelecer a relação custo/benefício das

intervenções, devem ser computados os benefícios não relacionados à saúde, como a disposição para pagar dos consumidores, tendo em vista que as tarifas pagas pelos usuários reduzem os custos a serem arcados pelos fundos públicos.

As intervenções em saneamento básico no Brasil têm se caracterizado por altos investimentos em obras de infraestrutura, muitas vezes dependentes de financiamentos externos. De acordo com Borja e Moraes (2005), o Banco Mundial (BIRD) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) tratam as ações de saneamento no âmbito da “pasta” de infraestrutura. Para os autores, a forte influência dessas instituições nas políticas públicas dos países ditos periféricos implicou num alinhamento dos países às orientações dessas instituições, o que repercutiu no distanciamento das ações de saneamento do campo da política social, onde o dever do Estado perante a sua promoção seria mais amplo. Dissociado de outras políticas sociais e orientado pela busca de retorno dos investimentos, a história do saneamento básico no Brasil pauta-se por um quadro de desigualdade no acesso aos serviços. Para vencer esta desigualdade, é necessário considerar que vilas e favelas são realidades complexas. Nesses espaços, a sustentabilidade das intervenções de saneamento básico seria potencializada pelo desenvolvimento de ações que tragam em seu bojo estratégias e propostas que deem conta de apreender o contexto no qual a intervenção se encerra. É preciso buscar-se a percepção de que os sujeitos receptores das ações são desiguais, o que demanda dos gestores um olhar diferenciado. E é nessa perspectiva que se considerou relevante, no presente trabalho, a necessidade de proposição de ações intersetoriais nas intervenções de saneamento básico em vilas e favelas.

A intersetorialidade, conforme proposto por Junqueira e Inojosa (1997) e Junqueira (2000), é a articulação de saberes e experiências no planejamento, realização e avaliação de ações para alcançar efeito sinérgico em situações complexas, visando ao desenvolvimento social e superando a exclusão social. No âmbito da intersetorialidade, duas perspectivas parecem interessantes em intervenções de saneamento nas vilas e favelas: a territorialização, com vistas à definição de prioridades, e a articulação de áreas, em busca da promoção de qualidade de vida. Vislumbrando-se que os desiguais são os sujeitos receptores das ações, o que, portanto, demanda dos gestores um olhar diferenciado, comprometido com as demandas dessas comunidades e que ultrapasse os limites impostos por interesses políticos, institucionais e comerciais, a fim de promover as necessárias mudanças nas condições de vida desses cidadãos.

Do ponto de vista documental, a intersetorialidade é um aspecto abordado no âmbito das intervenções de saneamento básico nas vilas estudadas. Parece haver um consenso entre os técnicos entrevistados, com atuação nas vilas, sobre a necessidade de desenvolvimento de ações articuladas. Quanto às dificuldades para a adoção do agir intersetorial, enquanto forma orientadora de atuação na realidade, a influência da organização institucional parece ser determinante. Estes aspectos são ressaltados nos depoimentos dos técnicos entrevistados, conforme se pode observar nos discursos a seguir:

TS3 “Eu acho uma maravilha porque não fica aquela questão de ficar atuando cada um pedacinho, cada um botando uma parte.”

TS1 “(...) porque é o indivíduo não é estanque. Ele tem uma série de necessidades a serem atendidas. Então o serviço que é oferecido pra ele, as intervenções que são oferecidas, elas não podem ser estanques também. Você tem essa interface o tempo todo.”

TN1 “Bem, eu acredito que soluções mais efetivas, mais consistentes, pros problemas de saneamento, pros problemas ambientais, de maneira geral, só são possíveis a partir de parcerias...”

TN3 “Eu acho que viabilizar de fato. Porque o que a gente percebeu é que as coisas ficam ali mais pra inglês vê. Eu acho que essa participação ela de fato é efetiva, se realiza, é diferente. Você vê muito discurso, mais realização mesmo, efetivação. Se não tem participação desses setores?”

TS4 “Eu só faço uma pequena observação aí. Eu acho que ainda falha na Copasa, ainda falha na questão da ação da Copasa, ainda falha por parte da instituição Copasa. Concessionária de um serviço tão importante quanto é o esgotamento sanitário e o abastecimento de água, falta um trabalho social mais consistente. Eu acho que isto é uma deficiência institucional da Copasa. Não estou aqui fazendo nenhuma crítica a profissionais da Copasa, que, pelo contrário, estão até tendo um trabalho conosco de interface muito positivo, tem dado resultado, tem feito um trabalho bom e que tem apresentado resultado. Agora, eles poderiam ter uma ação voltada ao objeto de trabalho da instituição, uma ação mais consistente...”

Do ponto de vista da população entrevistada, a desinformação parece ser um aspecto predominante nas duas áreas. A constatação de que 4 dos 11 entrevistados afirmam não saber qual é a importância do saneamento básico, e mesmo entre aqueles que afirmam saber dessa importância faltar clareza em relação a esta compreensão, indica que esse não é um tema abordado de forma clara e abrangente no âmbito das intervenções e no cotidiano dos moradores. Este panorama pode contribuir para a redução da efetividade das ações, sendo ressaltado nos discursos:

CS2 “Não. Ainda não vi não.”

CS3 “Eu já vi falar. Eu acho que é sobre acesso que tem é para beneficiar. Eu penso comigo assim. Tanto lugar que sofria tanto e hoje tem. Eu vejo um alto, igual aquele lá no alto. Lá todo mundo tem sua rede de água. Eu acho que assim é um beneficiamento que tá beneficiando todo mundo...”

CN4 “Não isso aí tô meio por fora. Importância (...)”

CN2 “Assim até que a gente vê que há importância. É importante. Mais aí cê me esclarece. Aí como é que é assim? Qual que é o objetivo assim?”

É bom lembrar que as intervenções realizadas nas vilas contaram com investimentos de grande porte. No Aglomerado da Serra, o valor do investimento foi de R\$ 171 milhões e em Nova Contagem R\$ 43 milhões. Não se pretende aqui uma generalização, mas espanta observar que a população ainda não ouviu falar a respeito da importância do saneamento básico no momento em que as intervenções ainda estavam em curso. Esse cenário poderia ser diferente caso, de fato, se observasse nas vilas a disponibilização de recursos e esforços para a construção de uma ação conjunta entre as áreas de saneamento, saúde, educação e assistência social, com atuação nos locais.

Nesse momento da história do Brasil, constatam-se novas perspectivas para o saneamento básico no País, tendo em vista que as regras estão mais bem definidas e há possibilidade de recursos para novos investimentos. No ano de 2007, após 20 anos de discussões, foi instituído, no Brasil, o novo marco legal para o saneamento básico, a partir da promulgação da Lei 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico (BRASIL, 2007b). Outro avanço, do ponto de vista político-institucional, para o saneamento básico no País, refere-se à criação, em 2003, da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), no âmbito do Ministério das Cidades. Também foram retomadas as linhas de créditos para a área de saneamento básico com o lançamento, pelo governo federal, do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Para o saneamento básico, foram previstos investimentos da ordem de 40 bilhões de reais entre os anos de 2007 e 2010 (BRASIL, 2007c).

No entanto, segundo Souza (2007), nesse momento auspicioso para a área deve-se levar em conta, nas propostas de intervenção, que as decisões precisam ser tomadas em conjunto com outras áreas técnicas e as populações-alvo das intervenções, assim como é necessária a compreensão de que o saneamento básico envolve ações que extrapolam em muito o saber da engenharia sanitária. A regularização fundiária é uma dessas ações. No tocante a esse tema, observou-se que as perguntas relacionadas à invasão de terras, inadequação de posse e suas implicações para o acesso aos serviços de saneamento básico culminaram no momento mais tenso da entrevista.

Quanto ao termo invasão, Minnicelli (2008) adverte que este não condiz com a realidade político-urbanística dos locais escolhidos pelas pessoas de baixa ou nenhuma renda para fixar suas moradias. O autor ainda complementa que o termo não é apropriado em razão da conotação pejorativa que encontra no meio social (abrangendo o científico), como também pela roupagem de ilicitude que possui. Esta roupagem de ilicitude talvez contribua para que a inadequação fundiária não figure no cenário nacional com a atenção que merece, já que se trata de um problema crônico na maioria das cidades brasileiras. Tal panorama reflete-se no desconforto dos técnicos em responder ao questionamento: “O que o (a) senhor (a) pensa a respeito da invasão de terras públicas ou privadas?” Constatação corroborada pelos discursos apresentados a seguir:

TS2 “Olha eu, essa aí como cidadã que eu vou falar, porque isso aí não é como funcionária de Copasa, nem de lugar nenhum. Eu acho que deve ser ruim para as pessoas que estão invadindo até mais do que para quem está invadido. Mas é um pensamento talvez meio até bitolado meu. Eu não sei. Eu não consigo ver, por exemplo. Foi até bom você ter feito essa pergunta porque eu vou parar para pensar mais sobre isso. Eu vejo sempre sobre essa ótica que eu fui criada.”

TN1 “É. Aí eu teria que me posicionar enquanto cidadã. Eu não tenho nem autoridade, nem autonomia pra fazer qualquer consideração a respeito disso em nome da Copasa. De maneira nenhuma. E acho até uma questão bem complexa de, pra eu posicionar assim, nesse momento, aqui, numa entrevista desse tipo.”

Em relação ao posicionamento da companhia de saneamento quanto à oferta dos serviços ao domicílio do qual o proprietário não possui a posse do terreno, dois sujeitos afirmam que a companhia de saneamento submete-se a acordos com o poder público local:

TS2 “Existe uma combinação, um, esqueci a palavra, um acordo entre a prefeitura e a Copasa que a Copasa não entra em área de invasão. Ela não entra. Ela só entra quando a prefeitura libera a área para isso. Nós temos um exemplo claro aqui que é ali no Papagaio, na Vila São Bento. Ela fica ali na BR, na hora que você está subindo para o BH Shopping, não tem um paredão ali? Ali naquela encosta, aquela ali é uma área invadida e grande e a Copasa até hoje não colocou rede de água lá. A água que tem ali é toda clandestina. Toda clandestina porque a prefeitura não reconhece aquela área legítima para morar. Então existe este acordo. A Copasa não faz o serviço se a área não for autorizada pela prefeitura.”

TN1 “(...) porque lá na região (...) ninguém tem posse de terreno. Então, considerando isso e entendo neste acordo com a prefeitura de mesmo assim atender à comunidade toda, a Copasa não está fazendo discriminação se a pessoa é, tem posse da terra ou não. (...) acontece por uma questão legal a Copasa não pode atender em áreas não aprovadas pela prefeitura e isso é uma lei (...) No caso de acordos com o Ministério Público é aí a empresa é liberada pra atender, o Ministério Público faz um acordo, aí a Copasa pode atender por causa desse acordo. Lá é um desses casos. A empresa tá podendo atender, mesmo não sendo, não tendo os moradores a posse da terra. Todo mundo tá sendo atendido.

Para um sujeito, a falta de regularização fundiária não restringe o acesso às redes:

TS2 “A Copasa não deixa de atender ninguém porque ela não é proprietária, ninguém.

Muito pelo contrário, a gente nem olha isso. A gente nem olha. Porque se olhasse a vila e favela não teria água nem esgoto. Não é esse o caso. A Copasa não tem esse pré-requisito, isso não é, isso não faz parte do nosso trabalho. Acho que quem tem que preocupar com isso é a prefeitura. Se é que tem que preocupar, eu não sei. Para ela seria bom eles terem a posse que eles teriam que pagar os impostos, para a Copasa isso não faz diferença.”

Inexiste, até o momento, uma política clara quanto às implicações da falta de regularização fundiária no acesso das famílias à infraestrutura sanitária. Pode-se constatar que o poder público e o Poder Judiciário emitem diferentes pareceres, em diferentes circunstâncias, mesmo que o assunto em pauta seja semelhante. A área de saneamento básico permanece alienada desta discussão, acatando as deliberações e a estas se submetendo diante da premissa de não possuir atribuições para dela participar.

Durante a vigência do Planasa, entre as décadas de 1960 e 1970, abandonaram-se os critérios legais de uso e ocupação do solo para estender o fornecimento de água à população até então não atendida em diversas áreas metropolitanas, a fim de que os objetivos do plano fossem atingidos. Maricato (2003) observa que, em São Paulo, a Sabesp ampliou a rede de água até os loteamentos ilegais, inclusive àqueles situados em área de proteção de mananciais, desenvolvendo para isso instalação de rede formada por elementos leves e de baixo custo. No entanto, segundo a autora, entre 1989 e 1992, a mesma companhia se recusou a estender a rede de água a loteamentos ilegais situados na mesma região de proteção de mananciais, e que apresentavam inúmeros casos de hepatite, sob a argumentação de que o loteamento era ilegal. A autora ainda observa:

A legislação pode servir para justificar tanto uma ação como uma inação (MARICATO, 2003).

Embora as questões referentes à problemática da inadequação fundiária, em geral, não figurem nas discussões que envolvem saneamento básico, observa-se que nas periferias metropolitanas, regiões onde se concentram os maiores deficits de acesso aos serviços de saneamento básico, a falta da posse dos terrenos é uma realidade para um número expressivo de famílias. Nas Vilas Nossa Senhora de Fátima, Ipê Amarelo e Nova Esperança, assim como outros milhões de cidadãos brasileiros, nenhum morador possui posse do terreno onde construiu sua moradia. Nessa conjuntura, a partir do momento em que as diretrizes nacionais e a política federal de saneamento instituem, e a área assume, a universalização dos serviços como um dos princípios fundamentais do saneamento básico no País, essa questão deveria estar no bojo dos debates, a fim de que a área possa apresentar um posicionamento político e, dessa forma, contribuir para o equacionamento desse problema.

Outro aspecto que merece atenção refere-se à promoção do saneamento básico nestes espaços, independente da regularização fundiária. Isto porque, após a expansão dos serviços nestas áreas,

esta parcela do solo urbano naturalmente vai se valorizar, e os moradores, sem a segurança jurídica da posse de seu local de moradia, vão estar expostos a pressões externas, o que pode condicionar um novo deslocamento e o reinício do ciclo de ocupação de novas áreas, também demandantes de intervenção.

7. Considerações Finais

No desenvolvimento da pesquisa foi possível vivenciar a tensão no encontro entre a população moradora de vilas e favelas, destituída de seus direitos básicos, e os técnicos responsáveis pelas intervenções na área de saneamento básico, que se pode afirmar representam a maioria da população brasileira, que ora sente culpa, ora medo, ora culpabiliza os pobres por sua condição. A independência, sobretudo a independência política, de ambos os lados, seria interessante e, possivelmente, colaboraria para a compreensão de que as necessárias transformações nas vilas e favelas trariam benefícios para ambos os lados, imersos que estão em um sistema de dominação cujos grandes beneficiados nem de longe conhecem as realidades das periferias urbanas. Esse quadro relaciona-se ao elevado grau de desinformação da sociedade brasileira em geral, o que tem reflexo nas concepções de intervenções em saneamento básico, já que dificulta a apreensão dessa realidade de forma a buscar alternativas de atuação a fim de transformá-la.

Em relação aos métodos utilizados, o contato com o ambiente empírico imputou novas características para esta dissertação. Espera-se ter conseguido materializar as experiências vividas e as reflexões realizadas ao buscar-se compreender uma realidade complexa em seus próprios termos. Para a pesquisa, os trabalhos de observação participante foram de fundamental importância ao possibilitar a identificação dos atores-chave, ao facilitar a realização das entrevistas, como também proporcionar a vivência em ambientes marcados por problemas de ordem social e econômica, por lutas pelo acesso aos serviços de saneamento e por resistência a um sistema excludente. Quanto às entrevistas, parece que o mais relevante foi sempre buscar reconhecer que não necessariamente as respostas dos entrevistados aos questionamentos conduzirão, prontamente, às respostas da pesquisa. No entanto, o momento das entrevistas, no qual se mergulhou nas memórias de um povo sofrido, marcado por armargas experiências de vida, fortaleceu o sentimento de solidariedade e o entendimento de que, em uma sociedade justa, as diferenças econômicas não podem justificar a exclusão do acesso aos serviços essenciais, como o são os serviços de saneamento básico. No que tange à etapa de pesquisa documental, materiais importantes não foram analisados, tais como os projetos técnicos que orientam as intervenções nas vilas, informações referentes à tomada de decisão. Nesse aspecto, ressalta-se a dificuldade em acessar esse conjunto de documentos. Ressalta-se que a publicização das informações é uma questão a ser superada na área de saneamento básico, uma vez que o acesso a esses documentos proporcionaria uma análise mais ampla das intervenções, já que essas estão inseridas em um contexto maior de tomada de decisão.

Quanto aos temas, observou-se que parece haver um consenso entre os técnicos com relação à necessidade de adoção de práticas intersetoriais e de fomento à participação social no âmbito das intervenções de saneamento básico. Por outro lado, observa-se que prevalece, para a intersectorialidade, a atuação individualizada e informal, necessitando de uma orientação mais incisiva do ponto de vista institucional. Quanto à participação social, a visão predominante é de um envolvimento da comunidade com a finalidade de potencializar a sustentabilidade das ações, enquanto o fomento à auto-organização, da autodeterminação, não é priorizado e, por vezes, nem é reconhecida essa dimensão.

Com relação à adequação tarifária e à regularização fundiária, a questão parece ser mais delicada. Nesse aspecto, é imprescindível uma análise mais ampla das experiências internacionais, com mais atenção ao que tem sido produzido em outros países, tanto do ponto de vista acadêmico como também das experiências e modelos adotados. No entanto, acredita-se que não seria exagero afirmar que o estudo e a discussão das tarifas praticadas e dos modelos utilizados para fins de remuneração dos serviços de água e esgoto não têm tido a atenção que merecem, constatação que pode ser estendida aos aspectos referentes à regularização fundiária. Nessa conjuntura e nesse momento, nos quais vislumbra-se a expansão do acesso aos serviços de saneamento básico em áreas de vilas e favelas, talvez tratem-se de dois “gargalos” importantes, no que tange à sustentabilidade dos investimentos e à apropriação destes por parte das comunidades.

No âmbito das comunidades, o predominante em relação a todos os temas é que o elevado nível de carência não tem como consequência apenas a restrição e a exclusão do acesso a bens e serviços, entre estes os relacionados ao saneamento básico, mas também se reflete na perpetuação e manutenção dessas limitações. Tanto porque as pessoas acabam se inserindo em ciclos de pobreza que condicionam menos oportunidades, como também - e talvez o mais importante quando se pensa em transformações - pela carência não ser só de bens e serviços, mas de atenção, de cuidado e de respeito. Diante dessa situação, a reação dos moradores de vilas e favelas não é passiva. As melhorias observadas hoje nas condições de saneamento básico nestes espaços só foram efetivadas a partir de ações de reivindicação dos moradores, de sua organização e mobilização na busca de ter garantido o direito de acesso e não pelo reconhecimento amplo da sociedade de que nas áreas periféricas residem cidadãos dignos de direitos.

A solução para a questão da promoção do saneamento básico em vilas e favelas é complexa, já que decorre da estrutura brasileira. Portanto, dificilmente será resolvida no curto prazo, por meio de grandes obras, que demandam altos investimentos e que não apresentam garantias quanto a sua sustentabilidade. A par das boas intenções e tomando por base a história do País e da área de saneamento, quando as concepções se orientam para obras de grande porte, além de não solucionarem os problemas, estão, na maior parte das vezes, atreladas ao atendimento de interesses de grandes corporações, e não aos interesses da sociedade.

8. Recomendações

A proposta de entender as intervenções de saneamento básico à luz do conceito da tecnologia apropriada foi, para a presente pesquisa, um caminho que auxiliou a proposição de um marco conceitual e metodológico para a realização do estudo. Nesse contexto, pode-se afirmar que se trata de uma possibilidade de orientação para a formulação de propostas de intervenção e de estudos acadêmicos mais apropriados às realidades de vilas e favelas, e assim mais efetivos para a alteração e compreensão dessas realidades. Do ponto de vista acadêmico, apresenta-se como possibilidade para a definição de um marco teórico que sustente a definição de indicadores e de critérios de avaliação das ações de saneamento básico nesses espaços.

Em relação à participação social, seria interessante uma análise atual das relações entre as associações de moradores de vilas e favelas e as reivindicações por acesso ao saneamento básico ou pela melhoria da qualidade do serviço prestado, no sentido de identificar a demanda atual. Nas vilas e favelas estudadas, a atuação da associação de moradores ainda se faz presente e é um canal que facilita uma aproximação inicial. No âmbito da definição de prioridades e formulação de projetos, é preciso buscar compreender os limites da associação, principalmente no que concerne ao respaldo das decisões de suas lideranças perante a comunidade como um todo.

Em relação à adequação tarifária, este estudo parece conduzir para a necessidade de pesquisas de natureza mais quantitativa. Para que estes estudos sejam feitos, seria necessário o acesso a dados mais realistas, e isso demanda um esforço no sentido de buscar o reconhecimento das realidades de vilas e favelas, a fim de que se possa contar com informações mais precisas de suas características. Dados referentes ao perfil socioeconômico e demográfico são essenciais e deveriam estar disponíveis de forma mais detalhada. Seria interessante abandonar os dados médios e trabalhar mais com faixas. Faixas de idade, de escolaridade, de renda, de número de moradores por domicílio - isso facilitaria a apreensão das realidades e a proposição de alternativas.

Quanto à intersectorialidade, observa-se que esta estratégia de atuação está sendo discutida pelo setor de saúde, de forma que já existe uma produção nessa área, tanto do ponto de vista teórico-conceitual, e aí ressaltam-se as discussões que permeiam o conceito de promoção da saúde e o próprio conceito de intersectorialidade, quanto do ponto de vista prático, com o Programa Saúde da Família. São duas perspectivas que podem orientar o setor de saneamento na busca de introduzir e desenvolver este tema no âmbito de suas atividades.

Já a regularização fundiária intercepta mais o urbanismo. Com a instituição da Secretaria Nacional de Saneamento Básico no Ministério das Cidades, pode-se vislumbrar e fomentar uma aproximação com os urbanistas e demais atores que atuam nesse sentido e trabalhar juntos em prol da resolução desta difícil questão.

É necessário um estudo aprofundado de cada um dos temas. No entanto, não se pode perder de vista que, em vilas e favelas, estas questões - e outras que, porventura, não tenham sido consideradas - se interligam e se influenciam mutuamente, devendo ser analisadas com base numa abordagem que considere os diversos fatores que influenciam a efetividade das ações de saneamento básico em áreas de vilas e favelas.

9. Agradecimentos

Agradecimento especial ao professor orientador que aceita o desafio de sair de sua seara e compartilhar uma viagem desconhecida pelos caminhos da pesquisa de avaliação de políticas públicas. A todas as pessoas que foram entrevistadas durante a realização desta pesquisa. Às comunidades das Vilas Nossa Senhora de Fátima, Ipê Amarelo e Nova Esperança, em especial, à Dona Zita e à Dona Lurdes, mulheres brasileiras que, na sua luta diária, desempenham o importante papel de contribuir para a coesão social nos seus espaços de atuação. Aos técnicos entrevistados que, a par dos seus limites, que também são meus, trabalham pela melhoria da qualidade de vida em vilas e favelas. Ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais, que financiou a bolsa de mestrado, instituições importantes e consolidadas sobre as quais recai o desafio de colaborar para a transformação social na construção de um País para todos.

10. Referências Bibliográficas

ALVA, E. N. "Tecnologias apropriadas e produção de bens e serviços habitacionais". In *Revista Brasileira Tecnologia*. v. 15, nº 1. Brasília: 1984.

ANDRADE, T. A. "Redistribuição de renda via tarifa dos serviços públicos". In *Nova Economia*. v. 5, nº 1. Belo Horizonte: 1995.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1994.

BELO HORIZONTE. "Uma cidade melhor para todos". Disponível em: <http://portal2.pbh.gov.br/pbh/index.html?idNv1=82&idConteudoNv1=&emConstrucaoNv1=N>. Acesso 10 de dezembro de 2007.

BORJA, P.; MORAES, L.R.S. "Saneamento como um direito social". In: *Anais da Assembléia da Assemae*. Brasília: Assemae, 2005.

BRASIL. Ministério das Cidades. Lei nº 11.445 - 05/01/2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/2007/11445.htm>. Acesso em 1º de outubro de 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. *O desafio da universalização do saneamento ambiental no Brasil*. Brasília: SNSA, 2003. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/indice.php?option=content&task=views&id=588&Itemid=0>. Acesso em 16 de outubro de 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Urbanização de vilas e favelas*. Disponível em: http://www.brasil.gov.br/pac/infra_estrutura/urb_favelas_saneamento. Acesso em 25 de outubro de 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Urbanização de vilas e favelas*. Disponível em: http://www.brasil.gov.br/pac/infra_estrutura/urb_favelas_saneamento. Acesso em 25 de outubro de 2007.

BRISCOE, J. "Abastecimiento de agua y servicios de saneamiento: su función en la revolución de la supervivencia infantil". In *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, nº 103, 1987.

Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa). *Investimentos em Nova Contagem*. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por uendefigueiredo@yahoo.com.br em 20 jun. 2008.

Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa). Sistema Vargem das Flores. Disponível em: http://www.copasa.com.br/Producao_de_agua/PAGINA/Principal_prodagua.htm. Acesso em 10 de janeiro de 2009.

Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa). Tabela de tarifas 2008. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=274>. Acesso em 15 de novembro de 2008.

Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte (Urbel). *Experiência do orçamento participativo em vilas e favelas de belo horizonte*. Belo Horizonte: 2000.

Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte (Urbel). *Plano Global Específico - Aglomerado da Serra: levantamento de dados*. Belo Horizonte: 2000.

Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte (Urbel). *Plano Global Específico - Aglomerado da Serra: diagnóstico*. Belo Horizonte: 2000.

Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte (Urbel). *Projeto Multissetorial Integrado*. Belo Horizonte: 2004.

CONTAGEM. "Começam as reuniões do Orçamento Participativo em Contagem". In *Diário Oficial do Município de Contagem*. Contagem, 16 de maio de 2005.

CONTAGEM. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Lei Complementar Nº 033 de 26 de dezembro de 2006. Estabelece o Plano Diretor do Município de Contagem. Contagem: 2006.

FELTMANN, C. S. *Um olhar para o homem e sua morada*. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Osvaldo Cruz 2002.

Fundação João Pinheiro (FJP). Centro de Estatística e Informações. *Déficit habitacional no Brasil 2005*. Belo Horizonte: 2006.

GOLDENBERG, M. *A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais*. Rio de Janeiro: Record, 2001.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana. Resolução nº 073. 30/01/2008. Autorização de reajuste tarifário de 2008. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=274#>. Acesso em 1º de outubro de 2008.

HELLER, L. *Acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil: considerações históricas, conjunturais e prospectivas*. Centre for Brazilian Studies University of Oxford. Working Paper Number CBS-73-06, 2006.

HELLER, L. *Esgotamento sanitário em zonas de urbanização precária*. Dissertação de mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte: Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 1989.

HELLER, L. "Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento". In *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 3, nº 2, 1998.

HUKKA, J. J.; KATKO, T. S. "Refuting the paradigm of water services privatization". In *Natural Resources Forum*, nº 27, 2003.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Diretoria de Pesquisas. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio. *Síntese de Indicadores 2007*. Rio de Janeiro: 2008.

Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (Idec). Relatório de Pesquisa. *A água e o consumidor: um primeiro olhar sobre as práticas tarifárias do setor de saneamento no Brasil*. 2007. Disponível em: http://www.idec.org.br/arquivos/relatorio_tarifas_agua.pdf. Acesso em 10 de dezembro de 2008.

Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (Ipea). *PNAD 2007 Primeiras análises: saneamento básico e habitação*. v. 5. 2008. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/pdf/08_10_21_

Pnad_PrimeirasAnalises_saneamento.pdf . Acesso em 16 de outubro de 2008.

JACOBI, P. R. *Saneamento básico e reivindicação social na Grande São Paulo: 1973/1979*. São Paulo: FGV - EAESP, 1984.

JACOBI, P. R. *Políticas públicas de saneamento básico e saúde e reivindicações sociais no Município de São Paulo – 1974/1984*. Tese de doutorado em Sociologia. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 1985.

JUNQUEIRA, L. A. P. "Intersectorialidade, transectorialidade e redes sociais de saúde". In *Revista de Administração Pública*. v. 34, nº 6. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2000.

JUNQUEIRA, L. A. P.; INOJOSA, R. M. *Desenvolvimento social e intersectorialidade: a cidade solidária*. São Paulo: Fundap, 1997.

KLIGERMAN, D. C. *Esgotamento sanitário: de alternativas tecnológicas a tecnologias apropriadas - uma análise no contexto brasileiro*. Dissertação de mestrado em Planejamento Urbano e Regional. Rio de Janeiro: Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995.

MARICATO, E. *Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras*. São Paulo: Perspectiva, 2000.

MARICATO, E. "Metrópole, legislação e desigualdade". In *Estudos Avançados*. v. 17, nº 48, 2003.

MINAYO, M.C.S. *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. São Paulo: Hucitec, 2007.

MINAYO, M. C. S.; SANCHES, O. "Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade?". In *Cadernos de Saúde Pública*. v. 9, nº 3. Rio de Janeiro, 1993.

MINNICELLI, J. L. P. G. *Regularização fundiária em áreas de proteção permanente (APP's): conflitos da gestão urbanística e ambiental*. Dissertação de mestrado em Urbanismo. Campinas: Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2008.

MULLER, M. "Free basic water - a sustainable instrument for a sustainable future". In *South Africa. Environmental and Urbanization*. v. 20, nº 1, 2008.-Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud). Relatório do Desenvolvimento Humano 2006.

REIS, E. P. "Reflexões leigas para a formulação de uma agenda de pesquisa em políticas públicas". In *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 18, nº 51, 2003.

REZENDE, S. C. *Aspectos Demográficos da Cobertura de Serviços de Saneamento no Brasil urbano contemporâneo*. Tese de doutorado em Demografia - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. Belo Horizonte: Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. *O saneamento no Brasil: políticas e interfaces*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

ROLNIK, R. "É possível uma política urbana contra exclusão?". In Revista de Serviço Social e Sociedade, nº 72. São Carlos: Cortez, 2002.

Secretaria Municipal de Habitação. *Plano Global Específico - Aglomerado da Serra: propostas e hierarquização*. Belo Horizonte: 2001.

SELBORNE, L. *A ética do uso da água doce: um levantamento*. Brasília: Unesco, 2001. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001271/127140por.pdf>. Acesso em 12 de novembro de 2008.

SEROA DA MOTTA, R. "As opções de marco regulatório de saneamento no Brasil". In: *Regulação e concorrência no Brasil: governança, incentivos e eficiência*. Rio de Janeiro: Ipea, 2007. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/livros/regulacaonobrasil/Livro_completo.pdf. Acesso em 10 de junho de 2008.

SOUZA, C. M. N. *A Relação Saneamento - Saúde - Ambiente: um estudo sobre discursos setoriais na perspectiva da promoção da saúde e da prevenção de doenças*. Tese de doutorado em Saúde Pública. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2007.

TUDELA, F. *Seleção de tecnologias apropriadas para assentamentos humanos: um guia metodológico*. Cepal, 1981.

TUDELA, F. *Tecnologias para os assentamentos humanos: um quadro conceitual*. Cepal, 1982.

WEGRZYNOVSKI, R. *Tão perto e tão longe das soluções. Desafios do desenvolvimento*. Brasília: 2008. Disponível em: <http://desafios2.ipea.gov.br/sites/000/17/edicoes/41/pdfs/rd41not04.pdf>. Acesso em 10 de junho de 2008.

World Health Organization (WHO). *Domestic water quantity, service, level and health*. Geneva, Switzerland, 2003. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf. Acesso em 5 de janeiro de 2009.

YKS SERVIÇOS. *Relatório*. Contagem: 2006.

20
LUGAR



CATEGORIA GRADUADO

Ferramenta Computacional para Planejamento de Cidades Limpas e Energeticamente Eficientes

Autor:

Karin Regina de Casas Castro Marins
(karin.marins@poli.usp.br)

Orientador:

Marcelo de Andrade Roméro
(maromero@usp.br)

Instituição de Vínculo:

Universidade de São Paulo (USP)

1. Introdução

O presente trabalho é baseado na tese de doutorado desenvolvida na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e defendida em abril de 2010, e que teve por objetivo a produção de uma metodologia e sua sistematização em uma ferramenta computacional para suporte ao planejamento energético, urbano e ambiental em áreas urbanas (MARINS, 2010). A abordagem é inovadora e baseada na integração de estratégias e soluções urbanísticas, arquitetônicas, de mobilidade e de geração distribuída de energia, tendo por base princípios de sustentabilidade.

Inserido em uma perspectiva de valorização e busca crescente por oportunidades de catalisar e tornar práticas as soluções para a sustentabilidade do cotidiano, este trabalho de pesquisa considera o potencial das cidades para serem estruturadas para um funcionamento mais adequado e eficiente dos pontos de vista energético e ambiental, com reflexos bastante positivos em termos de eficiência no consumo de insumos energéticos e de qualidade ambiental urbana e, portanto, para a qualidade de vida. Nesse sentido, e não ignorando a complexidade envolvida nesse processo, este trabalho considera o planejamento de cidades sustentáveis uma oportunidade de promover melhores níveis de integração das funções, fluxos e infraestrutura da cidade, envolvendo o meio ambiente natural e o construído, com uso eficiente de recursos, sobretudo energéticos, necessários à promoção da qualidade de vida e à conservação do meio ambiente. Com relação às funções urbanas, as áreas residenciais, comerciais, de prestação de serviços, trabalho e lazer devem interagir, visando a promover facilidades de acesso aos cidadãos. Fluxos de recursos - incluindo energia, água e resíduos - devem ser otimizados, reduzidos e reutilizados, se possível em uma cadeia unificada. A infraestrutura urbana, por sua vez, deve ser preparada para suportar o fechamento de ciclos ecológicos, reduzindo a necessidade de aquisição de mais recursos e a geração de resíduos, tornando a área autosuficiente. Elementos naturais, tais como corpos d'água em geral, solo, vegetação e biodiversidade, necessitam ser entendidos como parte do meio ambiente urbano e como potenciais agentes na melhoria da qualidade ambiental. A adoção desses conceitos no planejamento das áreas urbanas tende a trazer resultados favoráveis em termos de eficiência energética e redução de impactos ambientais e sociais correlacionados.

Entende-se que essas iniciativas possam vir a fazer parte de um plano estratégico de desenvolvimento de áreas urbanas brasileiras, que integrem esforços para a racionalização do uso de energia, a diversificação da matriz energética e para melhores condições de uso do solo e mobilidade urbana. Trata-se de uma nova visão, ainda pouco explorada no Brasil. No exterior, principalmente na Europa, iniciativas e investimentos para potencializar cidades "inteligentes e ecológicas" já são realidade, e as soluções, em geral, trazem a questão energética como temática central (ELETROBRAS, 2010). Nesse sentido, a metodologia e a ferramenta ora desenvolvidas vêm

suportar a atuação de planejadores e tomadores de decisão para a adoção de soluções integradas que objetivem eficiência, redução de impactos ambientais e melhores condições de conforto para as populações urbanas e para a formação e manutenção de cidades mais sustentáveis.

2. Objetivo

O objetivo desse trabalho é apresentar uma ferramenta computacional para planejamento de áreas urbanas “limpas e energeticamente eficientes”, aplicável às cidades brasileiras. A ferramenta é produto de uma tese de doutorado que constou do desenvolvimento de uma metodologia para planejamento energético urbano e sua sistematização em planilha eletrônica. A ferramenta computacional em questão foi “desenhada” para suportar a simulação de diferentes situações urbanas e fazer a verificação dos múltiplos impactos decorrentes da integração de estratégias, permitindo identificar e selecionar as configurações com melhor desempenho energético e/ou ambiental, além de gerar indicadores multidisciplinares de referência para o planejamento urbano, energético e ambiental de uma dada área urbana.

A metodologia é baseada na integração de estratégias e soluções em morfologia e mobilidade urbanas, edificações, meio ambiente e geração de energia, envolvendo as seguintes variáveis e parâmetros principais:

- **Consumo energético** dos setores residencial, comercial e de transportes, abrangendo eletricidade, energia para aquecimento de água e resfriamento ambiental em edificações, bem como energia para tração veicular;
- **Densidade populacional**, incluindo a densidade relativa à população residente (habitantes) e a densidade de empregos em uma dada área urbana;
- **Morfologia urbana**: nesse trabalho, refere-se aos condicionantes de estruturação física, uso e ocupação da área urbana considerada. Em linhas gerais, é caracterizada pela taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento e coeficiente de uso misto (residencial e comercial), participação das áreas verdes públicas e privadas e das áreas livres, distribuição, forma e orientação de quadras, volumetria das edificações; e cânion urbano;
- **Mobilidade urbana**: nesse trabalho, refere-se aos condicionantes do sistema de circulação e transporte em uma dada área urbana, abrangendo o sistema viário e o sistema de transportes urbanos de passageiros - sistemas de transporte público coletivo de baixa e média capacidades, sistemas não motorizados (a pé e ciclovitário) e transporte individual por automóveis;

- **Eficiência energética em edificações comerciais e residenciais:** maximização da iluminação e ventilação naturais, controle dos ganhos térmicos por radiação solar, sombreamento de aberturas, uso de equipamentos de iluminação artificial e de equipamentos elétricos mais eficientes;
- **Sistemas de oferta de energia:** sistema regional corrente (sistema interligado nacional - SIN) e sistemas de geração de energia elétrica em escala distrital e predial envolvendo tecnologias térmicas a gás natural, biocombustíveis e resíduos urbanos, além de sistemas renováveis de aquecimento e resfriamento ambientais, individuais ou conectados a redes distritais de distribuição;
- **Emissões de poluentes** resultantes dos sistemas de geração de energia e dos sistemas de transporte urbano, abrangendo gases de efeito estufa (GEE) e poluentes locais, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂), material particulado (MP) e compostos orgânicos voláteis (COV).

Como ferramenta de suporte ao planejamento e processo decisório em áreas urbanas, a metodologia é aplicável a estudos para o desenvolvimento de novas áreas urbanas, distritos ou bairros, ainda desocupados, nos quais haja possibilidade de parcelamento do solo, tais como áreas de operação urbana e zonas industriais em reestruturação, assim como a estudos para requalificação de áreas urbanas já ocupadas, nas quais sejam possíveis ou não modificações estruturais em termos de quadras, sistema viário e lotes. Adicionalmente, a metodologia também pode auxiliar no desenvolvimento de planos diretores, em projetos relacionados à implementação das políticas de mudanças climáticas, bem como em projetos de eficiência energética em edificações e transporte urbano e no planejamento de sistemas de geração distribuída.

3. Materiais e métodos

O desenvolvimento e a aferição da metodologia partiram da elaboração de um embasamento teórico referencial, no qual foi realizado o levantamento de abordagens relacionadas a planejamento energético, planejamento urbano, planejamento de transportes urbanos e planejamento ambiental, na escala da cidade e do bairro, assim como a revisão bibliográfica sobre o estado da arte em geração e consumo de energia no Brasil, incluindo demanda em edifícios residenciais e comerciais e em transportes, bem como dados sobre o planejamento para a expansão do sistema. Essa etapa também abrange o aprofundamento teórico em questões relativas ao uso e à geração de energia em áreas urbanas (edifícios e transportes urbanos), climatologia, morfologia e mobilidade urbanas, além de emissões de poluentes, permitindo identificar e correlacionar condicionantes

urbanos que impactam na forma e na quantidade de energia consumida nas cidades. Para isso, foi realizada extensa pesquisa bibliográfica, detalhadamente abordada no volume completo da tese de doutorado, identificando parâmetros e procedimentos de referência, dentre eles:

- Clima urbano - ilha de calor, cânion urbano, propriedades térmicas dos materiais, áreas verdes: ASSIS (1999), DUARTE (2001), SANTAMOURIS (2001), GIVONI (1998) e outros por eles citados (Lombardo, Oke, Taha);
- Urbanismo - densidade populacional, parcelamento, uso e ocupação do solo, áreas verdes, construídas e livres: WALTON (2007), SANTAMOURIS (2001), GIVONI (1998), legislação urbanística do município de São Paulo;
- Mobilidade urbana - sistemas de transporte urbano, sistema viário, consumo energético, integração com o uso do solo: OTHA (2006), COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO (2008), WATCHS (2000), CERREÑO (2006), VASCONCELLOS (2006), ANTP (2009), NEWMAN E KENWORTHY (1999);
- Edificações - Consumo desagregado por usos finais, estratégias para eficiência energética: ELETROBRÁS (2007), BAKER E STEEMERS (2000)GHISI (2007), CARPENTER (1995); VIANNA e GONÇALVES (2001), BUILDING RESEARCH ENERGY CONSERVATION SUPPORT UNIT - BRECSU (2000); JOCHEM (2004);
- Geração de energia - características técnicas de sistemas de geração de energia elétrica e térmica, sistemas de distribuição urbanos: INMETRO (2008; 2009), GRANRYD (2002), WADE (2003), THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR THE PROMOTION OF COGENERATION (2001), IEA (1996);
- Qualidade do ar e emissão de poluentes: CETESB (2009b), PMSP (2005). UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (2007), COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇAS DO CLIMA (2008), MOREIRA et al. (2008), VASCONCELLOS (2006), ASSUNÇÃO e PESQUERO (1999), NERI (2008), UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1996), políticas de mudanças climáticas municipal, estadual e federal.

Em seguida, selecionaram-se estratégias, variáveis, parâmetros e indicadores e definiu-se um detalhado conjunto de procedimentos de cálculo, baseados em equações, produzindo resultados e indicadores quantitativos de orientação para planejamento, quanto à estruturação física e funcional urbana e ao consumo energético e geração de poluentes associados. As equações foram sistematizadas em planilhas eletrônicas que auxiliaram, inclusive, no próprio ajuste metodológico, devido à estruturação lógica e visual dos procedimentos e às rápidas possibilidades de simulação de diferentes alternativas. Por fim, a proposta metodológica e a ferramenta computacional foram aplicadas ao caso da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo, sendo construídas 216 situações urbanas diferenciadas para a área, além da situação de referência, subsidiando as

análises e conclusões sobre os diversos resultados multidisciplinares envolvidos, assim como a verificação de sua aplicabilidade em outras áreas urbanas.

4. Resultados da pesquisa e discussão: proposta de uma ferramenta computacional para planejamento de áreas urbanas limpas e energeticamente eficientes

4.1 Estrutura geral e principais características

A metodologia desenvolvida, base para a ferramenta computacional, está organizada em três etapas principais, conforme esquematizado na figura 1: 1) entrada de dados, composta por variáveis, parâmetros e procedimentos de referência; 2) um módulo central de processamento; 3) saída de resultados totais relativos à energia e emissões de poluentes, resultados referentes à morfologia e mobilidade urbana e edificações, bem como indicadores específicos e globais.

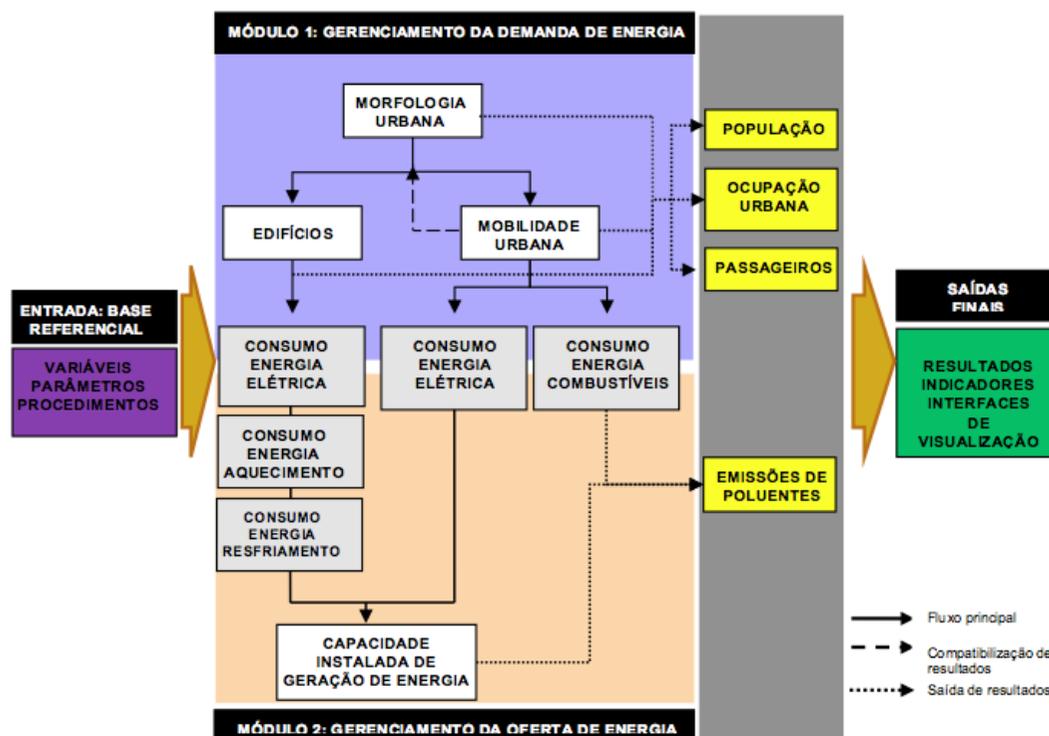


Figura 1: Estrutura geral da metodologia para planejamento energético urbano

Da entrada de dados participa um conjunto de variáveis e parâmetros relacionados aos condicionantes selecionados, entre os quais se destacam:

- Densidade populacional;
- Forma, orientação e área de quadras, lotes e edificações;
- Taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, coeficiente de uso misto;
- Participação de áreas verdes;
- Ângulo de obstrução de cânion urbano;
- Transporte público, não motorizado, individual e sistema viário;
- Padrões de consumo de energia em edificações e transportes urbanos;
- Ações de eficiência energética em edificações;
- Fatores de eficiência, capacidade e distribuição em sistemas de geração de energia;
- Fatores de emissão de poluentes e gases de efeito estufa.

A etapa de processamento configura o corpo central do trabalho e é composta por dois módulos principais:

- **Módulo 1: Gerenciamento da Demanda de Energia**, envolvendo aspectos relacionados à morfologia urbana, mobilidade urbana e edificações. A demanda de energia, termo técnico amplamente utilizado no setor elétrico, é entendida neste trabalho como a solicitação energética de uma dada área urbana;
- **Módulo 2: Gerenciamento da Oferta de Energia**, incluindo geração e distribuição de energia elétrica e térmica, em escala urbana.

Em linhas gerais, parte-se da definição dos condicionantes constante do Módulo 1: Gerenciamento da Demanda de Energia, no qual são definidas as características dos lotes, quadras, densidade populacional e tecido urbano, atentando para aspectos funcionais e do clima urbano. Essas características são compatibilizadas com os pré-requisitos da demanda dos sistemas de transporte e de circulação, bem como com as premissas para a implementação de estratégias para a eficiência energética de edifícios. Da definição das características da área urbana resulta o consumo de energia em edificações e transportes, utilizado para estimar a capacidade instalada de geração de energia e, finalmente, as emissões associadas de poluentes locais e de gases de efeito estufa.

Como produto da aplicação da ferramenta computacional no planejamento integrado de uma dada área urbana resultam as seguintes informações, entendidas como premissas fundamentais a serem consideradas no processo decisório, nos projetos e nas implementações relacionadas ao planejamento de uma área urbana “limpa”, urbanisticamente e energeticamente, e fornecidas para cada situação urbana simulada:

- Consumo de energia em edificações, por níveis de eficiência energética;
- Consumo de energia em transportes urbanos;
- Capacidade instalada de geração de energia - eletricidade e energia térmica;
- Emissões de poluentes - SO₂, MP, NO_x, CO, COV e GEE;
- População residente, empregada, flutuante e de passagem;
- Área construída, ocupada, viária, verde, livre;
- Seção e composição viária - passeio público, ciclovias, faixas exclusivas;
- Número de edificações, lotes, quadras, por tipo e uso.

Com base nas equações constantes da metodologia em questão, foi desenvolvida uma ferramenta computacional no padrão Microsoft Excel 2007, formatada em um único arquivo, composto por um conjunto de planilhas interconectadas que correspondem às principais etapas de aplicação da metodologia proposta, conforme procedimentos de cálculo anteriormente detalhados. Ou seja, o projeto completo de planejamento energético é inserido nesse arquivo eletrônico, incluindo a configuração da situação de referência e das opções e cenários a serem simulados.

4.2 Principais procedimentos para aplicação da ferramenta computacional

Neste capítulo serão descritas as principais etapas de uso da ferramenta computacional para configuração da situação de referência e das diferentes situações urbanas, e obtenção dos respectivos resultados e indicadores. Os procedimentos a seguir são aplicáveis na construção de variados cenários, dependendo das estratégias adotadas e das diretrizes de projeto aplicáveis a cada local. Embora o sistema esteja alimentado com variáveis e parâmetros especialmente selecionados para as condições urbanas do município de São Paulo, esses valores são passíveis de adaptação para outras cidades do Brasil.

4.2.1 Etapa 1: Definição da situação de referência

A situação de referência representa, no presente trabalho, o padrão corrente de uso e ocupação do solo, de transportes urbanos e de uso e geração de energia em edificações. Pode ser relacionada tanto a uma situação existente quanto a um padrão especificado por meio da legislação ou de normas técnicas. É a primeira etapa a ser preenchida no uso da ferramenta, sendo necessário, portanto, o prévio levantamento de dados de entrada. Esse quadro referencial e seus resultados serão utilizados ao final dos procedimentos de cálculo, em análises comparativas com as situações urbanas geradas por meio da ferramenta computacional.

4.2.2 Etapa 2: Definição da volumetria das edificações e características dos lotes

Nessa etapa são definidas a volumetria básica das edificações, as dimensões dos lotes e a população por tipologia de edifício. Parte-se da definição dos componentes básicos do tecido urbano - a edificação e o lote -, bem como da dinâmica urbana e social - densidade populacional e uso do solo -, utilizando variáveis e parâmetros selecionados, conforme ilustrado na figura 2, referente à planilha de volumetria das edificações.

Em princípio, é possível definir três tipologias de edificações, classificadas como de alta, média e baixa densidades populacionais, dependendo da área das unidades e do número de habitantes por residência ou de empregados por metro quadrado, bem como de taxas de ocupação e coeficientes de aproveitamento específicos. Do ponto de vista físico, a diversidade de tipologias é favorável para a melhoria das condições de insolação e ventilação em locais de clima quente e úmido, tal como a região de São Paulo. Por outro lado, a oferta de diferentes padrões residenciais e comerciais, seja em gabarito ou em área, pode também enriquecer a dinâmica urbana local, melhor atendendo à multiplicidade de interesses sociais e econômicos.

Figura 2: Planilha de configuração da volumetria das edificações

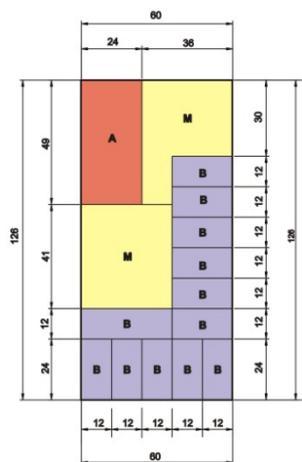
4.2.3 Etapa 3: Definição das tipologias de quadra

Nessa etapa são definidas as opções de forma, orientação e densidade das quadras urbanas para a área em questão. Da mesma maneira como no caso das edificações, é possível incluir três opções de geometria de quadra (quadra tipo 1, quadra tipo 2 e quadra tipo 3), relacionadas a diferentes proporções entre seus lados. Além da geometria, também há a possibilidade de variação das quadras quanto ao uso do solo, densidade e gabarito de altura, por meio da combinação de lotes com edificações de baixa, média e alta densidades e usos residenciais e comerciais, compondo quadras *layout 1*, *layout 2* e *layout 3*. A previsão de diferentes tipologias de quadra, seja com relação à geometria, seja com relação à densidade, contribui para a composição de tecidos urbanos diversificados, subsidiando a comparação de desempenho energético entre tecidos urbanos diferenciados quanto às condições de insolação, ventilação e aproveitamento do solo urbano. Nessa etapa são realizados os seguintes procedimentos:

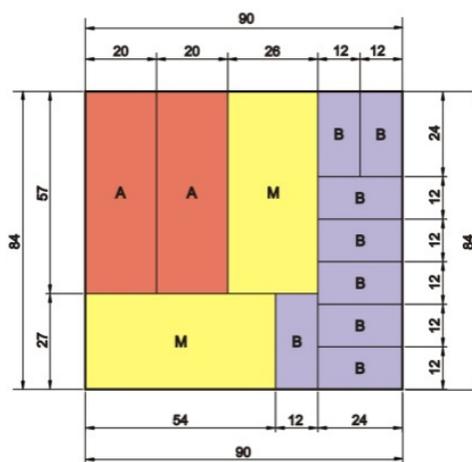
1. Cálculo do total de lotes com edificações de baixa, média e alta densidades;
2. Partindo-se desse total, devem ser elaboradas as propostas de composição ou

arranjo interno das várias opções de quadra mediante método gráfico, realizado de forma complementar à metodologia proposta, conforme esquemas a seguir. A distribuição de lotes por face de quadra é importante para propiciar condições bioclimáticas mais adequadas para as edificações, tanto no que tange à priorização de orientações geográficas mais favoráveis quanto pela previsão de cânions urbanos adequadamente dimensionados. Além disso, em climas quentes e úmidos, recomenda-se, em geral, a diferenciação de gabaritos de altura e forma das edificações, para facilitar a ventilação urbana (GIVONI, 1998). Para isso, sugere-se esquematizar um layout para cada tipologia de quadra, conforme a seguir.

Quadra Tipo 1 - Layout 1



Quadra Tipo 2 - Layout 2



Legenda: A - Lote com edificações de alta densidade;
M - Lote com edificações de média densidade; B - Lote com edificações de baixa densidade

Figura 3: Exemplos de configuração de quadras

3. Com base na distribuição dos lotes nas quadras, são fornecidas ao sistema as seguintes informações:

- Número de edifícios com comprimento voltado para as faces norte, sul, leste e oeste da quadra, por tipologia de edificação;
- Número de edifícios localizados nos vértices das quadras, para quantificação de número de edifícios por orientação geográfica principal;
- Número de edificações, por tipologia e densidade, com comprimento e largura voltados para cada uma das faces de quadra e por orientação geográfica.

Os principais resultados dessa etapa, constantes da planilha de Tipologias de Quadra (figura 4), abrangem:

- Dimensões, área total, área construída e área ocupada das quadras, por tipo de geometria e densidade;
- Densidade construída e populacional das quadras;
- Gabarito médio e máximo de altura das edificações das quadras;
- Quantitativo de tipologias de edificações por orientação geográfica, por densidade, uso e tipo de quadra;
- Áreas e comprimentos totais das fachadas das edificações, por orientação norte, sul, leste e oeste, e tipologia de quadra.

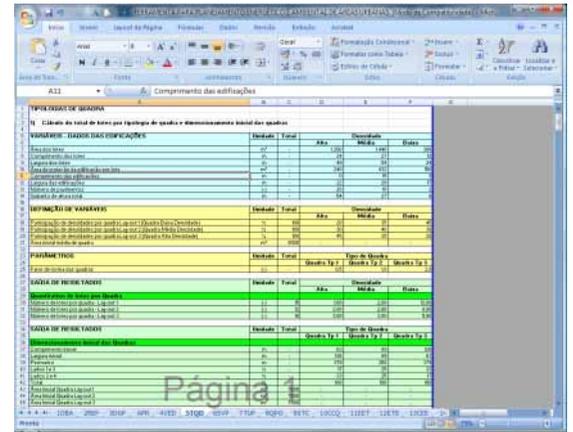


Figura 4: Planilha de configuração de tipologias de quadra

As quadras configuradas nessa etapa são utilizadas para composição das opções do tecido urbano.

4.2.4 Etapa 4: Definição da seção viária preliminar e das opções de tecido urbano

A definição da seção viária preliminar é o primeiro passo da malha urbana, sendo considerada a limitação imposta pelo ângulo de obstrução do cânion urbano, esquematizado na figura 5, bem como pelas premissas de largura viária mínima.

De acordo com Santamouris (2001), o ângulo de obstrução (\pm) é resultado da relação entre o gabarito de altura das edificações opostas e a largura viária, sendo calculado por meio de carta solar específica para cada latitude, com o apoio de um transferidor, considerando a curva referente aos solstício de inverno (22 de junho) para o município de São Paulo, conforme esquematizado na figura 6. Nesse exemplo, referente à latitude do município de São Paulo e orientação Norte, o ângulo de obstrução é igual a aproximadamente 50° , conforme indicado na linha pontilhada no gráfico.

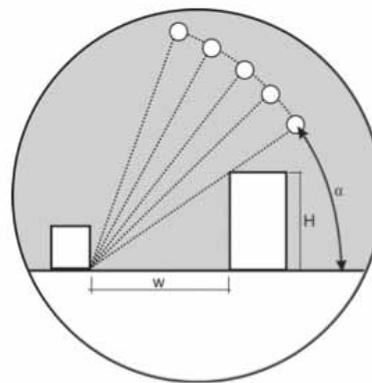


Figura 5: Representação esquemática do cânion urbano e do ângulo de obstrução (\pm)

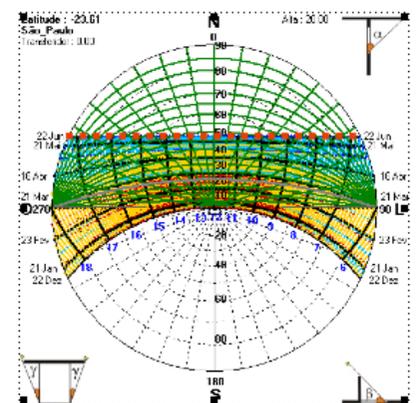


Figura 6: Exemplo de carta solar com marcação do ângulo complementar ao ângulo de obstrução (UFRS, 2001)

Na ferramenta desenvolvida, adota-se o maior gabarito de altura disponível entre as edificações adjacentes à via como referência para cálculo do ângulo de obstrução. Dessa forma, deverão ser determinados ângulos de obstrução para cada eixo viário, cujo valor é dependente da distribuição das edificações por face de quadra.

Do ponto de vista da circulação e do transporte urbano, a seção viária (SV) pode ser formada pela composição de diversos elementos disponíveis na base de dados da ferramenta, a serem incluídos conforme diretrizes específicas de cada projeto e em consonância com os modos de transporte, incluindo:

- **Passeio público:** inclui a faixa livre de circulação de pedestres, faixa geral reservada para instalação de mobiliário urbano (bancos, lixeiras), redes de utilidades (telefones públicos, postes, poços de visita) e vegetação, além de obstruções à circulação (afastamento das fachadas, de muros e do meio-fio);
- **Ciclovía:** leito viário exclusivo para o transporte cicloviário;
- **Faixas viárias:** incluem faixas para circulação de veículos em geral, faixas exclusivas para tráfego de transporte público e faixas dedicadas a estacionamento;
- **Outros:** estações de embarque e desembarque, baias e canteiros centrais.

Assim sendo, além da referência de largura mínima da seção viária, estabelecida pela legislação urbanística de cada local e para cada tipo de via, é possível definir uma configuração inicial com base na associação de elementos viários, para várias capacidades e aplicações viárias.

A seção viária preliminar corresponderá, portanto, ao maior valor entre a largura viária mínima e a largura mínima imposta pelo ângulo de obstrução do cânion urbano. Sendo assim, a ferramenta computacional realiza uma primeira compatibilização de necessidades microclimáticas e de circulação urbana. Na etapa seguinte, relativa à definição do sistema de circulação e transporte, a área preliminar reservada para sistema viário é verificada segundo as necessidades das diversas alternativas de sistema de mobilidade. A figura 7 mostra a planilha de cálculo da seção viária preliminar, parte da ferramenta computacional.

Definidos os fatores de participação de cada tipo de quadra e via, são então configuradas as várias opções de tecido urbano e calculados os quantitativos urbanísticos.

Figura 7: Planilha de configuração da seção viária preliminar

Os resultados dessa etapa incluem:

- A largura do sistema viário local, estrutural e arterial;
- A área do sistema viário por tipo de quadra;
- Número de quadras, lotes e edificações por opção de tecido urbano.

4.2.5 Etapa 5: Quantitativo preliminar de população

Com base nas opções de tecido urbano definidas na etapa anterior são calculados, nessa planilha, os totais preliminares de população, incluindo: população residente - população domiciliada no conjunto de unidades habitacionais previstas para a área em estudo; população empregada/ estudante - pessoas que estudam ou que trabalham nos edifícios comerciais; população fixa - população permanente da área, composta pela somatória da população residente e empregada; população flutuante - número médio de pessoas que não habitam, não trabalham e não estudam na área em questão, mas que a ela se dirigem frequentemente para consumo de mercadorias, bens e serviços; população de passagem - total de pessoas com origem e destino em regiões distintas da área de estudo, mas que necessitam passar pela área em questão devido à configuração da rede de transporte; população total - média total de pessoas que ocupam a área analisada, composta pela somatória da população fixa e da população flutuante; e demanda total potencial por sistemas de transporte, incluindo modos motorizados ou não motorizados, para viagens de curta ou longa distância, a demanda é formada pela somatória da população total e da população de passagem. Os resultados de população são utilizados no pré-dimensionamento de sistemas de circulação e transporte e também nas análises de consumo de energia e densidade populacional.

4.2.6 Etapa 6: Definição do sistema de transporte e circulação

O planejamento integrado do sistema de transporte e do uso e ocupação do solo em áreas urbanas - morfologia e mobilidade urbanas - é fundamental para que se possa, simultaneamente, adequar a demanda e a capacidade dos sistemas, auxiliando na configuração de uma divisão adequada e eficiente de modos de transporte. Para incentivar o transporte não motorizado, por exemplo, é importante que passeios públicos e/ ou ciclovias sejam adequadamente dimensionados e tratados para deslocamento ágil, seguro e confortável para os pedestres. Por outro lado, sistemas de transporte público estruturados requerem demanda mínima para serem viáveis financeiramente. E todas essas estratégias e soluções, e seus níveis de articulação e integração, impactam nos níveis de consumo energético.

Nesta etapa, a ferramenta propicia as seguintes funcionalidades:

- Cálculo do total de viagens diárias, horárias e por hora-pico, com base nas viagens totais,

na divisão dos modos de transporte e nos fatores hora-pico. Nesse caso, consideram-se as viagens individuais realizadas pelos passageiros e não as viagens realizadas por veículo. No caso dos sistemas de transporte público coletivo, devem ser observadas os limites de capacidade máxima e mínima por modo de transporte;

- Cálculo do fluxo de pedestres, bicicletas e veículos, por tipo de via;
- Cálculo da seção viária destinada à circulação de pedestres, bicicletas e veículos, por tipo de via;
- Cálculo da seção viária total (passeio públicos, ciclovias e faixas de circulação), por tipo de via.

A figura 8 a seguir corresponde à seção de uma via, considerando a participação dos diversos elementos viários, cuja definição é também produto da ferramenta computacional desenvolvida.

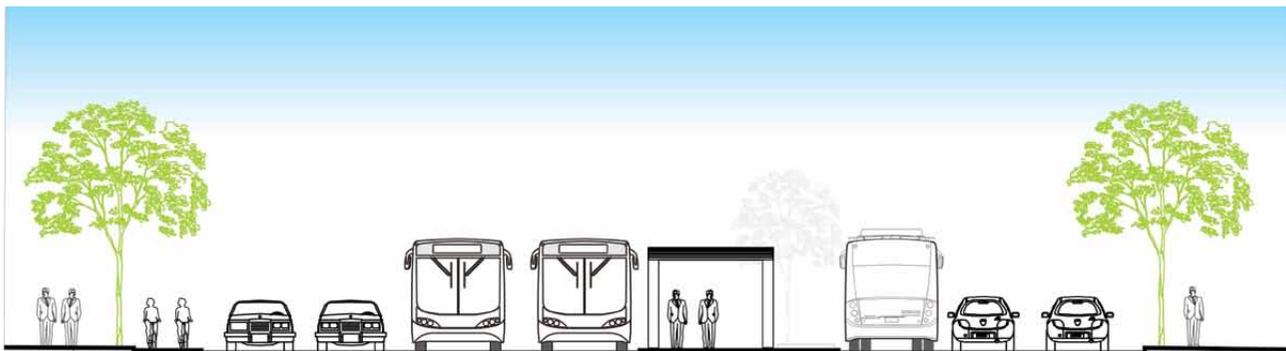


Figura 8: Exemplo de seção viária a ser definida com uso da ferramenta computacional

4.2.7 Etapa 7: Verificação da seção viária e quantitativo final

Nessa planilha, os resultados das seções viárias da etapa anterior são comparados com as dimensões viárias mínimas inicialmente previstas quando da definição do tecido urbano preliminar. A seção viária final, por tipo de via, é calculada como o maior valor entre eles, de forma que se possa atender simultaneamente à demanda de transporte e circulação e à demanda para insolação das edificações, relativamente ao cânion urbano. Com a definição das seções viárias finais, são então recalculados os quantitativos anteriormente detalhados, referentes à população, áreas urbanas, área construída, número de edificações, lotes e quadras, entre outros. A planilha referente à verificação da seção viária e cálculo dos quantitativos finais está exemplificada na figura 9.

4.2.8 Etapa 8: Consumo energético em transporte urbano de passageiros

Conforme análise integrada adotada, o consumo de energia e de combustível, bem como as emissões de poluentes referentes à rede de transporte de uma área, são condicionados pelas definições da morfologia urbana e do sistema de transporte e circulação, assim como pelas tecnologias veiculares e combustíveis utilizados.

As características de uso e ocupação do solo fornecem insumos para a divisão dos modos de transporte, impactando nos níveis de motorização e na participação de sistemas individuais e coletivos. Por sua vez, o planejamento do uso e ocupação do solo com base no uso misto, em combinação com a oferta de infraestrutura adequada de transporte urbano, também contribui para a redução das distâncias de deslocamento para realizar atividades cotidianas, diminuindo-se, assim, a distância total percorrida. Do ponto de vista tecnológico, são ainda fundamentais o tipo e a qualidade dos combustíveis utilizados, além da capacidade de transporte dos modos adotados e do rendimento dos veículos.

As seguintes tecnologias e combustíveis veiculares foram previamente incluídos na base de dados da ferramenta, com base na frota atual de veículos de transporte de passageiros da região metropolitana de São Paulo (COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2008) e em políticas brasileiras de médio prazo - 10 a 20 anos (EPE, 2008):

Transporte público

- Ônibus a diesel - assumida a utilização de 100% de combustível diesel;
- Ônibus a etanol - assumida a utilização de 100% de combustível etanol;
- Veículo leve sobre trilho (VLT) - tração elétrica, com fornecimento de energia de acordo com o sistema de oferta de energia a ser definido em cada projeto;
- Metrô subterrâneo - tração elétrica, com fornecimento de energia a ser definido em cada projeto, sendo o sistema interligado nacional adotado como referência.

Transporte individual (automóvel)

- Veículo leve tipo "flexfuel", com 75% de álcool hidratado e 25% de gasolina C;
- Veículo leve a gasolina C, com 22% de álcool anidro e 78% de gasolina C.

Área	Tipo de Espaço	Quantidade
Área 1	Residencial	1000
Área 2	Comercial	500
Área 3	Industrial	200
Área 4	Parque	300
Área 5	Escola	150
Área 6	Hospital	100
Área 7	Estádio	500
Área 8	Shopping	200
Área 9	Centro	1000
Área 10	Subúrbio	5000
Área 11	Rural	10000
Área 12	Área Verde	2000
Área 13	Área de Lazer	1000
Área 14	Área de Serviços	500
Área 15	Área de Comércio	1000
Área 16	Área de Indústria	500
Área 17	Área de Transporte	1000
Área 18	Área de Cultura	500
Área 19	Área de Saúde	1000
Área 20	Área de Educação	1000
Área 21	Área de Esportes	500
Área 22	Área de Turismo	1000
Área 23	Área de Segurança	500
Área 24	Área de Serviços Públicos	1000
Área 25	Área de Comércio Eletrônico	500
Área 26	Área de Serviços de TI	1000
Área 27	Área de Serviços de Consultoria	500
Área 28	Área de Serviços de Engenharia	1000
Área 29	Área de Serviços de Arquitetura	500
Área 30	Área de Serviços de Design	1000
Área 31	Área de Serviços de Marketing	500
Área 32	Área de Serviços de Publicidade	1000
Área 33	Área de Serviços de Comunicação	500
Área 34	Área de Serviços de Assessoria	1000
Área 35	Área de Serviços de Gestão	500
Área 36	Área de Serviços de Planejamento	1000
Área 37	Área de Serviços de Análise	500
Área 38	Área de Serviços de Avaliação	1000
Área 39	Área de Serviços de Auditoria	500
Área 40	Área de Serviços de Contabilidade	1000
Área 41	Área de Serviços de Direito	500
Área 42	Área de Serviços de Engenharia de Software	1000
Área 43	Área de Serviços de Desenvolvimento de Software	500
Área 44	Área de Serviços de Testes de Software	1000
Área 45	Área de Serviços de Suporte Técnico	500
Área 46	Área de Serviços de Treinamento	1000
Área 47	Área de Serviços de Recrutamento	500
Área 48	Área de Serviços de Seleção	1000
Área 49	Área de Serviços de Gestão de Pessoas	500
Área 50	Área de Serviços de Gestão de Projetos	1000
Área 51	Área de Serviços de Gestão de Riscos	500
Área 52	Área de Serviços de Gestão de Qualidade	1000
Área 53	Área de Serviços de Gestão de Processos	500
Área 54	Área de Serviços de Gestão de Mudanças	1000
Área 55	Área de Serviços de Gestão de Configuração	500
Área 56	Área de Serviços de Gestão de Versão	1000
Área 57	Área de Serviços de Gestão de Dependências	500
Área 58	Área de Serviços de Gestão de Recursos	1000
Área 59	Área de Serviços de Gestão de Custos	500
Área 60	Área de Serviços de Gestão de Orçamento	1000
Área 61	Área de Serviços de Gestão de Contratos	500
Área 62	Área de Serviços de Gestão de Relacionamento	1000
Área 63	Área de Serviços de Gestão de Imagem	500
Área 64	Área de Serviços de Gestão de Reputação	1000
Área 65	Área de Serviços de Gestão de Marca	500
Área 66	Área de Serviços de Gestão de Produtos	1000
Área 67	Área de Serviços de Gestão de Serviços	500
Área 68	Área de Serviços de Gestão de Experiência	1000
Área 69	Área de Serviços de Gestão de Inovação	500
Área 70	Área de Serviços de Gestão de Inteligência	1000
Área 71	Área de Serviços de Gestão de Dados	500
Área 72	Área de Serviços de Gestão de Informação	1000
Área 73	Área de Serviços de Gestão de Conhecimento	500
Área 74	Área de Serviços de Gestão de Sabedoria	1000
Área 75	Área de Serviços de Gestão de Sabedoria	500
Área 76	Área de Serviços de Gestão de Sabedoria	1000
Área 77	Área de Serviços de Gestão de Sabedoria	500
Área 78	Área de Serviços de Gestão de Sabedoria	1000
Área 79	Área de Serviços de Gestão de Sabedoria	500
Área 80	Área de Serviços de Gestão de Sabedoria	1000

Figura 9: Planilha de compatibilização do cânion urbano e seção viária e quantitativo final de áreas, quadras, edificações e população

A ferramenta computacional já inclui três cenários pré-configurados em sistemas de transporte, embora outros possam ser livremente configurados. Os cenários já estruturados são baseados em possíveis políticas diferenciadas para transporte público coletivo, abrangendo:

- **Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis:** cenário mais conservador, caracterizado por ônibus a diesel nos sistemas de média e baixa capacidade de transporte público coletivo;
- **Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis/ biocombustíveis:** cenário intermediário, abrange ônibus a etanol nos sistemas de média e baixa capacidade de transporte coletivo;
- **Cenário 3 - Transporte público com eletricidade e combustíveis renováveis:** cenário mais ousado, inclui ônibus a etanol para a rede de baixa capacidade e sistemas estruturados de média capacidade movidos à tração elétrica, como veículos leves sobre trilhos ou pneus, ou mesmo ônibus a hidrogênio.

Com base nas possibilidades apresentadas e partindo da configuração do sistema de transporte e circulação e de parâmetros de consumo de combustível e energia em transportes urbanos de passageiros, a ferramenta gera os seguintes resultados, nesta etapa:

- Quilometragem anual total, por meio de transporte e opção de tecido urbano;
- Consumo anual de combustível, por opção de tecido urbano e cenário de transporte;
- Consumo anual de energia, por opção de tecido urbano e cenário de transporte.

A figura 10 a seguir ilustra parcela dos cálculos efetuados por meio da planilha de consumo energético em transportes urbanos, parte da ferramenta computacional.

4.2.9 Etapa 9: Definição dos níveis de eficiência energética em edifícios

Nessa etapa são definidos os níveis de eficiência energética em edificações, com base em estratégias a serem selecionadas a cada projeto, no consumo específico de energia e no consumo desagregado por usos finais, para identificar os potenciais de redução do consumo.

O consumo específico é expresso em energia consumida por área útil (kWh/m² ano) e varia conforme o uso da edificação, sendo utilizados

Modais	Consumo específico	Consumo anual
Transporte coletivo de alta capacidade	1.100 kWh/km	1.100.000 kWh/ano
Transporte coletivo de baixa capacidade	1.200 kWh/km	1.200.000 kWh/ano
Transporte individual	1.500 kWh/km	1.500.000 kWh/ano
Transporte por bicicleta	0.100 kWh/km	0.100.000 kWh/ano
Transporte por caminhada	0.050 kWh/km	0.050.000 kWh/ano
Transporte por trem	0.800 kWh/km	0.800.000 kWh/ano
Transporte por metrô	0.900 kWh/km	0.900.000 kWh/ano
Transporte por VLT	1.000 kWh/km	1.000.000 kWh/ano
Transporte por bonde	1.100 kWh/km	1.100.000 kWh/ano
Transporte por ônibus	1.200 kWh/km	1.200.000 kWh/ano
Transporte por táxi	1.300 kWh/km	1.300.000 kWh/ano
Transporte por carro particular	1.400 kWh/km	1.400.000 kWh/ano
Transporte por bicicleta elétrica	0.200 kWh/km	0.200.000 kWh/ano
Transporte por patinete elétrico	0.300 kWh/km	0.300.000 kWh/ano
Transporte por scooter elétrico	0.400 kWh/km	0.400.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre trilhos	0.500 kWh/km	0.500.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre pneus	0.600 kWh/km	0.600.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre rodas	0.700 kWh/km	0.700.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre esteira	0.800 kWh/km	0.800.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre trilhos	0.900 kWh/km	0.900.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre pneus	1.000 kWh/km	1.000.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre rodas	1.100 kWh/km	1.100.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre esteira	1.200 kWh/km	1.200.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre trilhos	1.300 kWh/km	1.300.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre pneus	1.400 kWh/km	1.400.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre rodas	1.500 kWh/km	1.500.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre esteira	1.600 kWh/km	1.600.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre trilhos	1.700 kWh/km	1.700.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre pneus	1.800 kWh/km	1.800.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre rodas	1.900 kWh/km	1.900.000 kWh/ano
Transporte por veículo leve sobre esteira	2.000 kWh/km	2.000.000 kWh/ano

Figura 10: Planilha de cálculo do consumo energético do sistema de transportes

como ponto de partida os seguintes valores, passíveis de modificação: **edifícios comerciais:** 100 kWh/m² ano, na área de escritórios, excetuando o consumo energético com circulação vertical (ROMERO, 1999); **edifícios residenciais:** foi estimado em 40 kWh/m² ano - com base em EPE (2008a) e SEADE (2007). O **consumo desagregado por usos finais** indica a participação de cada instalação, dispositivo, sistema ou grupo de equipamentos no consumo total das edificações, dependendo da tipologia e uso da edificação e de cada região, constituindo, portanto, um dado de entrada para a ferramenta de simulação.

As seguintes estratégias para eficiência energética já estão previstas na base da ferramenta computacional:

Soluções passivas para conforto térmico e iluminação, com o objetivo de reduzir o consumo com condicionamento e iluminação artificiais, incluindo:

Em edifícios comerciais:

- Uso de cores claras para adequação do albedo da cobertura das edificações;
- Orientação geográfica favorável das fachadas;
- Aproveitamento da luz natural das aberturas;
- Aproveitamento da luz natural com prateleiras de luz com alcance de 2,5 e 4,0 vezes a altura do piso ao limite superior das aberturas;
- Redução do aquecimento com radiação solar devido à orientação das fachadas;
- Sombreamento de aberturas;
- Ventilação natural diurna ou noturna - aberturas perpendiculares à direção predominante dos ventos.

Soluções para renovação tecnológica de equipamentos domésticos e para uso em edifícios comerciais, além de sistemas de iluminação artificial.

Em edifícios comerciais:

- Utilização de equipamentos elétricos mais eficientes;
- Sistemas de iluminação artificial mais eficientes energeticamente;
- Sistemas de iluminação artificial mais eficientes energeticamente e prateleiras de luz com alcance de 2,5 e 4,0 vezes a distância do piso ao limite superior das aberturas.

Em edifícios residenciais:

- Utilização de equipamentos elétricos mais eficientes;
- Sistemas de iluminação artificial mais eficientes energeticamente.

Com base nas premissas apresentadas, o sistema computacional foi estruturado para realizar os seguintes procedimentos:

- Cálculos preliminares de apoio à estimativa dos níveis de eficiência energética, incluindo balanços térmico e quantitativo preliminares;
- Cálculo de zonas passivas e ativas das edificações, com relação à iluminação e à ventilação naturais;
- Cálculo dos níveis de eficiência energética - níveis 1, 2 e 3 (edifícios comerciais) e nível 1 (edifícios residenciais) e consumos de energia resultantes.

Os procedimentos são executados por tipologia de edificação e os resultados são expressos em termos de consumo e níveis de eficiência energética específicos (kWh/ m² ano). A figura 23 ilustra os cálculos efetuados nessa etapa, utilizando a ferramenta computacional.

4.2.10 Etapa 10: Cálculo do consumo total de energia em edificações e da área urbana

O consumo total de energia de edificações abrange o consumo final resultante da aplicação do nível de eficiência energética sobre o consumo inicial considerado, e multiplicado pela área construída e útil total das edificações, conforme tipologias, usos e densidades construídas em questão. Os resultados da estimativa de consumo de energia em edificações são, então, adicionados às estimativas de consumo do sistema de transportes urbanos de passageiros (item 4.2.8). Considerando cada opção de eficiência energética em edifícios e os cenários definidos para o sistema de transporte, são compostos os consumos totais de energia a serem adotados como referência para o pré-dimensionamento dos sistemas de geração e fornecimento energético. Esses procedimentos, por sua vez, são parte da planilha de consolidação do consumo de energia, conforme exemplificado na figura 11.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'CONSOLIDADA CONSUMO ENERGIA EDIFICACOES'. The spreadsheet is organized into several sections: 'Consumo de edificações - Tipos energéticas de edificações energéticas', 'Edifícios Modelo 1', 'Edifícios Modelo 2', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 1', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 2', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 3', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 4', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 5', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 6', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 7', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 8', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 9', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 10', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 11', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 12', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 13', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 14', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 15', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 16', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 17', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 18', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 19', 'Edifícios Modelo 3 - Opção 20'. Each section contains columns for 'Consumo Inicial', 'Consumo Final', 'Consumo Total', and 'Consumo por m²'. The spreadsheet also includes a 'Resumo' section at the bottom, which provides a total consumption value of 1,372,117 kWh/ano.

Figura 11: Planilha de cálculo do consumo total de energia em edificações

O consumo total de energia é expresso no seu valor total e também estratificado em eletricidade, aquecimento e resfriamento, além do consumo direto de combustíveis em sistemas de transporte baseados em veículos a combustão, abrangendo automóveis a gasolina e a etanol, e ônibus a diesel e etanol.

Nessa etapa são gerados, portanto, os seguintes resultados totais para a área em planejamento:

- **Consumo total anual de energia elétrica**, referente a edificações e a sistemas de transporte à tração elétrica;
- **Consumo total anual de aquecimento**, para atendimento ao consumo de água quente para banho e provimento de aquecimento ambiental em edifícios, se necessário;
- **Consumo total anual de resfriamento**, para atendimento ao consumo de energia para resfriamento ambiental em edificações;
- **Consumo total anual de combustíveis com o sistema de transporte**, para a área em estudo;
- **Consumo de energia total**, para a área em estudo.

4.2.11 Etapa 11: Definição dos sistemas de oferta de energia

O escopo dos sistemas de oferta de energia inclui basicamente opções de produção e fornecimento energético em escalas distrital e predial. É possível também caracterizar o sistema regional (grande escala), baseado nas grandes centrais hidrelétricas e termelétricas, parte do SIN. A metodologia permite ainda adicionar alternativas de sistemas de geração, desde que adequadamente observados e inseridos os parâmetros necessários.

Os principais critérios que orientaram a seleção dos sistemas de geração de energia constantes da base de dados preliminar da ferramenta em questão abrangeram a adoção de recursos residuais disponíveis nos centros urbanos ou próximo a eles, incluindo biogases de aterros sanitários, biogases provenientes de gaseificação de biomassa, calor de processos industriais e usinas termelétricas para otimização de recursos e para fechamento de ciclos ecológicos; seleção de tecnologias e processos de geração com elevados fatores de eficiência global de conversão¹ e em estágio de desenvolvimento que permita a inserção comercial no curto prazo; valorização

¹ Refere-se à eficiência total do processo de transformação energética, desde a entrada do combustível ou recurso na usina, ou tecnologia de geração, até a disponibilização da energia elétrica ou térmica para uso final. Além da eficiência global, o fator de carga também é um parâmetro fundamental para estimativa da capacidade instalada, definido como o percentual da operação possível de ser executado em um ano, devido a limitações na disponibilidade de recursos energéticos ou operacionais da própria tecnologia.

da eficiência exergética sempre que possível. O sistema de oferta energética foi assumido como sempre conectado à rede elétrica regional, para a qual a energia gerada no distrito ou no edifício é vendida, e a diferença em relação ao consumo da unidade corresponde ao total a ser pago efetivamente (conceito de *smart grid*).

Os seguintes sistemas de geração de energia e suas características técnicas pertinentes encontram-se cadastrados na base de dados do sistema, referentes a:

Escala Local / Predial:

- **Sistemas de geração de eletricidade**
 - Turbinas e motores a cogeração, utilizando biogás ou gás natural;
 - Células a combustível, utilizando gás natural.
- **Sistemas para aquecimento**
 - Coletores solares;
 - Aquecedores de água a gás natural;
 - Aquecedores de água elétricos;
 - Bombas de calor a ar;
 - Calor de processo dos sistemas de cogeração ou células a combustível.
- **Sistemas para resfriamento**
 - Chillers de absorção associados a coletores solares;
 - Sistemas de ar-condicionado;
 - Bombas de calor a ar;
 - Chillers de absorção associados ao calor de processo de sistemas de cogeração ou células a combustível.

Escala Distrital:

- **Sistemas de geração de eletricidade**
 - Turbina e motores a cogeração, utilizando biogás (gás metano de aterros sanitários, biodigestores, biomassa), biomassa sólida ou gás natural;
 - Células a combustível, utilizando gás natural.
- **Sistemas para aquecimento**
 - Central de aquecimento solar com tanque de armazenamento;

- Centrais a vapor, com incineração de resíduos sólidos urbanos;
 - Calor residual de processos industriais;
 - Bombas de calor a ar;
 - Calor de processo de sistemas de cogeração ou de células a combustível gás natural;
 - Rede de aquecimento distrital.
- **Sistemas para resfriamento**
 - Chillers de absorção associados às centrais de aquecimento solar com tanque de armazenamento;
 - Bombas de calor a ar;
 - Chillers de absorção associados às centrais a vapor, com incineração de resíduos sólidos urbanos;
 - Chillers de absorção associados ao calor residual de processos industriais;
 - Chillers de absorção associados ao calor de processo de sistemas de cogeração, incineração ou células a combustível gás natural.
 - Rede de resfriamento distrital.



Figura 12: Esquema de sistema de aquecimento distrital. Fonte: DHC Technology Platform (2009)

Escala Regional:

Sistemas de geração de eletricidade

- Centrais hidrelétricas e termelétricas de grande capacidade, parte do SIN.

Considerando o escopo mencionado, nesse módulo são calculadas as capacidades instaladas parciais e totais de cada opção de sistema de geração (predial, distrital e regional). A equação geral adotada reúne fator de carga, eficiência global de conversão e fator de perdas de distribuição, conforme parâmetros detalhados em Marins (2010), e também faz parte da base de dados da ferramenta computacional.

Ao final, é possível comparar a capacidade instalada total das três escalas de sistemas, a participação de fontes renováveis e o impacto do aproveitamento de calor de rejeito. Os subitens constantes desse módulo exemplificam três variações distintas da composição da matriz de fornecimento e da capacidade instalada, com base nas considerações realizadas. Outras composições de matriz e sistemas de fornecimento também podem ser formuladas, utilizando a base de sistemas de geração de energia já incluída na metodologia proposta ou, conforme mencionado, utilizando outros sistemas, caso os respectivos parâmetros sejam inseridos na base de dados da ferramenta computacional. A figura 13 é um exemplo da planilha utilizada nessa etapa.

Figura 13: Planilha de consolidação das alternativas de geração de energia e respectivas capacidades instaladas

4.2.12 Etapa 12: Cálculo das emissões de poluentes locais e de GEE

Nessa etapa de cálculo são estimadas as emissões totais de poluentes locais (CO, NO_x, SO₂, COV, MP) e de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄ e N₂O), resultantes das atividades de geração de energia elétrica e térmica (aquecimento e resfriamento) para uso em edifícios e do uso de energia de tração em sistemas de transporte urbano de passageiros.

Para estimativa das emissões por tipo de poluente local e emissões de GEE, parte-se do consumo de energia em edificações e transportes, dos tipos de sistemas de geração de energia e respectivos fatores de emissão, gerando subtotais relativos à energia das unidades geradoras e também à energia e aos combustíveis utilizados nos transportes urbanos de passageiros, bem como as emissões totais por tipo de poluente local e as emissões de GEE, considerando os diferentes níveis de consumo energético, sistemas de geração de energia e tecnologia e combustível em transportes urbanos, ou seja, para cada situação urbana diferenciada.

4.2.13 Etapa 13: Consolidação de resultados e indicadores principais

Finalmente, os principais resultados e indicadores obtidos ao longo dos procedimentos anteriormente detalhados, bem como os indicadores finais, provenientes da composição de resultados, são reunidos em planilhas e gráficos comparativos, a fim de suportar o planejamento integrado urbano, ambiental e energético, abrangendo:

A. Resultados de População:

- a. População total, residencial, empregada e flutuante.

B. Resultados de Morfologia Urbana:

- a. Área construída, ocupada, verde, viária e livre;
- b. Número de edificações residenciais, comerciais, total e unidades habitacionais.

C. Resultados de Mobilidade Urbana:

- a. Seções viárias - vias locais, estruturais e arteriais.

D. Resultados de Energia:

- a. Consumo de energia em edificações total e desagregado em eletricidade e energia para aquecimento e resfriamento;
- b. Consumo de combustíveis fósseis e renováveis em transportes urbanos;
- c. Consumo energético total;
- d. Capacidade instalada - sistemas regional, distrital e local.

E. Resultados de Meio Ambiente:

- a. Emissões totais de poluentes locais e GEE.

F. Indicadores Populacionais:

- a. Densidade populacional geral (população fixa/ km²);
- b. Densidade residencial (população residente/ km²);
- c. Densidade de empregos (população empregada/ km²).

G. Indicadores de morfologia urbana:

- d. Densidade ocupada (área ocupada/ área total);
- e. Densidade construída (área construída/ área total);
- f. Densidade viária (área viária/ área total);
- g. Densidade verde (área verde pública/ área total);
- h. Densidade de área livre (área livre/ área total);
- i. Área verde pública por habitante (área verde pública/ população residente).

H. Indicadores de mobilidade urbana:

- j. Taxa de motorização (número de automóveis/ população residente).

I. Indicadores de edificações:

- k. Participação da área passiva sobre a área total das edificações (%).

J. Indicadores de consumo e geração de energia:

- l. Consumo específico de energia em edificações, utilizando medidas de eficiência de caráter simples - Nível 1 (kWh/ m² ano);
- m. Consumo específico de energia em edificações, utilizando medidas de eficiência de caráter simples, que requerem mudança de estilo de vida - Nível 2 (kWh/ m² ano);
- n. Consumo específico de energia em edificações, utilizando medidas de eficiência que requerem investimentos adicionais - Nível 3 (kWh/ m² ano);
- o. Consumo de energia em edificações por população fixa (kWh/pessoa ano);
- p. Consumo de energia em edificações por população residente (kWh/ hab. ano);
- q. Consumo médio geral de energia em transportes urbanos, por passageiro transportado (kWh/ passageiro);
- r. Consumo médio total de energia (edificações e transportes urbanos), por população residente (kWh/ habitante ano);

- s. Consumo de combustível utilizado em transportes urbanos, por população fixa (litros de combustível/ habitante ano);
- t. Capacidade instalada por habitante (kW/ habitante).

K. Indicadores ambientais:

- a. Participação da energia renovável sobre o consumo energético total;
- b. Emissão média de poluentes resultantes da operação do sistema de transporte, por passageiro transportado (gramas/ passageiro transportado);
- c. Emissão de poluentes resultantes da geração de energia, por população residente (gramas de poluentes/ habitante);
- d. Emissão de poluentes resultantes da geração de energia, por população fixa (gramas de poluentes/ pessoa).

L. Outros indicadores de apoio à comparação de cenários:

- a. Indicador comparativo percentual entre as opções de tecido urbano no que se refere às densidades populacionais, uso e ocupação do solo, consumo de energia em edificações, transportes urbanos e total, bem como emissões de poluentes e gases de efeito estufa, de modo a identificar possíveis vantagens e desvantagens das diferentes configurações aplicadas à mesma área, com base no planejamento integrado;
- b. Indicador comparativo da capacidade instalada e emissões de poluentes entre os diferentes sistemas de geração de energia previstos em escala regional, distrital e predial, de modo a quantificar implicações quanto à eficiência do processo de conversão energética, perdas de distribuição e impacto das emissões de poluentes associados;
- c. Indicador comparativo entre os cenários de transporte no que tange ao consumo de energia e emissão de poluentes.

A seguir são relacionados alguns exemplos das planilhas de resultados, indicadores e gráficos gerados.

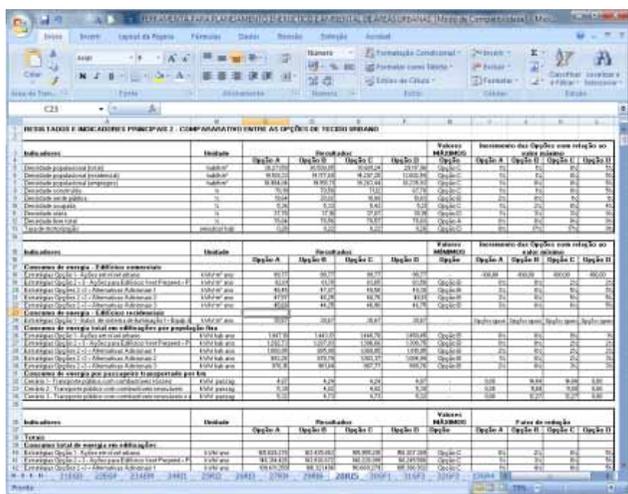


Figura 14: Resultados e indicadores - Comparativo entre alternativas em situações urbanas

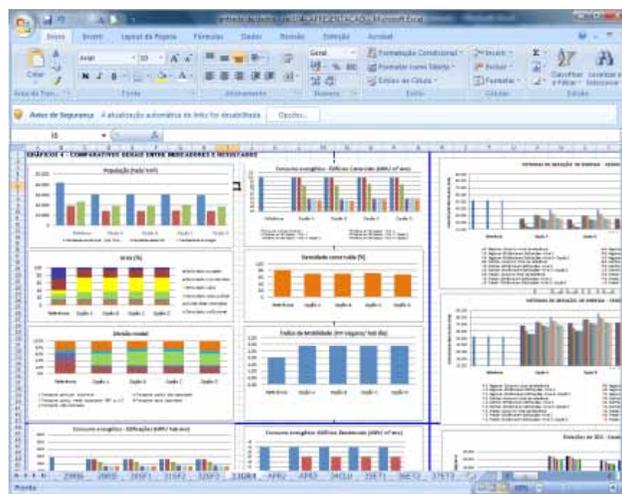


Figura 15: Gráficos comparativos de resultados e indicadores urbanísticos, ambientais e energéticos

Finalmente, utilizando os resultados e indicadores gerados por meio da aplicação da ferramenta computacional, é possível partir então para a concepção formal de tecidos urbanos e propostas locais para quadras, edificações e seus respectivos níveis de eficiência energética, densidades populacionais e construídas, sistema viário e de transportes e áreas verdes, assim como possíveis unidades locais de geração de energia, conforme exemplificado no esquema a seguir.

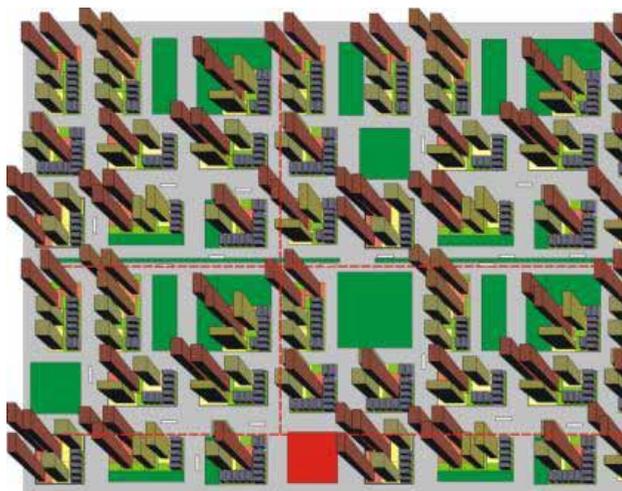


Figura 16: Exemplo de configuração urbana utilizando os resultados e indicadores gerados por meio da aplicação da ferramenta computacional

4.3 Aplicação da ferramenta computacional no caso da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo

4.3.1 A área da operação urbana Água Branca

A operação urbana Água Branca, prevista no Plano Diretor de São Paulo e detalhada na Lei Municipal Nº 11.774/95 (Prefeitura Municipal de São Paulo, 1995), está em uma região de urbanização consolidada do município, próxima a importantes eixos viários (Av. Marginal do Rio Tietê, Av. Pacaembu, Elevado Costa e Silva) e também do centro da cidade, e com transporte público de alta capacidade (linhas de trem e metrô), conforme indicado na figura 17, sendo atualmente objeto de planos e projetos de requalificação urbana, coordenados pela Prefeitura do Município de São Paulo



Figura 17: Visão geral da área da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo (EMURB, 2009)

A área da operação urbana Água Branca foi selecionada como estudo de caso para aplicação metodológica pois permite incluir a integração de grande parte das iniciativas previstas, ao mesmo tempo que os resultados do estudo possam contribuir para o planejamento atual daquela área. A operação urbana Água Branca tem 5,40 km² de área total. Dessa área, 2,64 km² foram considerados adequados para aplicação metodológica no que tange ao planejamento de sua ocupação para usos residenciais, comerciais e com sistema de circulação e transporte. O mapa da figura 18 mostra a distribuição dos usos e a região selecionada para aplicação metodológica constantes da área da operação urbana Água Branca.

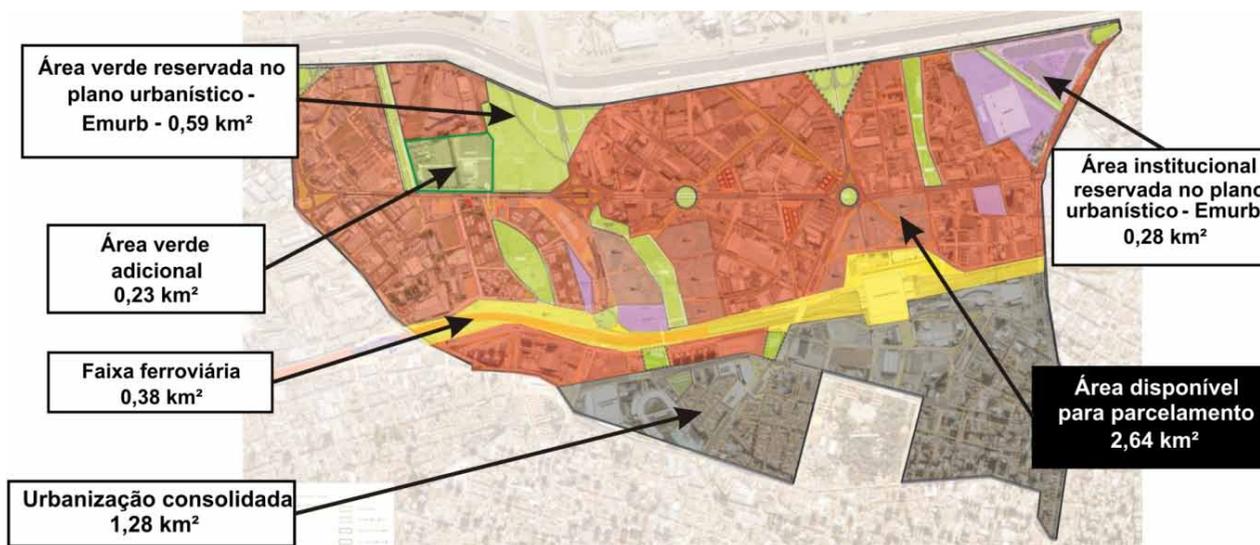


Figura 18: Distribuição das áreas e delimitação da área do estudo de caso (elaboração própria)

4.3.2 Definição da situação de referência

Para definição da situação de referência, no caso da operação urbana Água Branca, foi assumida o plano urbanístico vigente em 2009 (Prefeitura Municipal de São Paulo, 2009) como referencial de parcelamento, uso e ocupação do solo, bem como densidade demográfica. O plano preconiza o adensamento populacional e construído, o uso misto do solo e a reserva de áreas verdes e de lazer, entre outros aspectos. Sobre a área total, disponível para ocupação por lotes, foram aplicados coeficiente de aproveitamento básico para a área (1,0) e taxa de ocupação de 50%, conforme parâmetros urbanísticos da legislação municipal (Prefeitura Municipal de São Paulo, 2004). Foi também considerada a densidade demográfica de 18.571 habitantes por km² (população residente), com base nos valores previstos no plano urbanístico da Emurb. Foi adotada a média de 3,20 habitantes por unidade habitacional (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados, 2008), para fins de estimativa da população final residente e do número de domicílios. Com relação à população empregada, de passagem e flutuante, foram utilizados os mesmos fatores adotados para a simulação das situações urbanas.

Foram utilizados a divisão de modos de transporte e o índice de mobilidade médio atuais da região metropolitana de São Paulo, segundo a pesquisa Origem-Destino 2007 (Companhia do Metropolitano de São Paulo, 2008). Para outras variáveis relacionadas ao sistema de transporte foram utilizados os valores constantes da base referencial, aplicados também para as diversas situações urbanas. Com relação ao fornecimento de energia elétrica, foi assumido o sistema interligado nacional. Quanto ao consumo específico de energia em edificações e em transportes urbanos de passageiros, bem como aos fatores de emissão de poluentes e ao uso de combustível na frota veicular, foram

adotados os valores referenciais correntes anteriormente citados na descrição dos procedimentos para uso da ferramenta computacional.

4.3.3 Premissas para definição das alternativas em situações urbanas

Com relação à morfologia urbana, foram consideradas três densidades de edificação - alta, média e baixa - e três opções em geometria, orientação e densidade das quadras, resultando em nove possibilidades de quadra para composição dos tecidos urbanos e quatro opções em tecidos urbanos - Opção A, Opção B, Opção C e Opção D (conforme distribuição de tipos de quadra apresentada no anexo 1) -, no qual o sistema viário composto é classificado em vias locais, estruturais e arteriais.

Quanto à mobilidade urbana, foram considerados modos de transporte não-motorizados (a pé e bicicleta) e motorizados (automóveis; ônibus, baixa capacidade; bus rapid transit (BRT) e veículo leve sobre trilhos (VLT), média capacidade). Foi adotado o índice de mobilidade de 2,85 viagens por habitante por dia, prevendo a ampliação das condições de mobilidade com relação ao adotado na situação de referência (índice de mobilidade igual a 1,96). Foram previstos automóveis a etanol e à gasolina e sistemas de transporte público a diesel, etanol e tração elétrica, compondo três cenários em sistemas de transportes urbanos. Com relação a edificações, há a possibilidade de escolha de cinco níveis de eficiência energética (Nível 1, Nível 2, Nível 3 - Opção 1, Nível 3 - Opção 2, Nível 3 - Opção 3) em edificações comerciais e um nível de eficiência energética em edificações habitacionais. Foram consideradas três escalas em sistemas de geração e fornecimento energético (eletricidade, calor e frio) - sistema regional (SIN) associado a aquecimento solar, sistema distrital e sistema predial, utilizando biogases.

4.3.4 Resultados

Considerando quatro opções de tecido urbano (A, B, C e D), três escalas de fornecimento energético (regional, distrital e predial), três cenários em transportes urbanos (1, 2 e 3) e seis principais níveis de eficiência energética em edifícios, foram configuradas e simuladas, simultaneamente, 216 situações urbanas diferenciadas para a área do estudo de caso, além da situação de referência, utilizando a ferramenta computacional desenvolvida. A tabela disponível no anexo 1 deste documento traz os principais resultados quantitativos das simulações efetuadas, pois o conjunto de resultados e indicadores parciais é extenso e, por isso, está disponível apenas no volume da tese de doutorado. A tabela do anexo 1 também traz o incremento da média das opções de tecido urbano em relação à situação de referência. Valores negativos para esse incremento devem ser entendidos como decréscimos em relação à situação de referência.

5. Conclusões

A aplicação da metodologia e da ferramenta computacional, no caso da operação urbana Água Branca, permitiu concluir que:

1. A ocupação urbana por edificações e as densidades construída e populacional necessitam estar compatibilizadas com a necessidade de área livre para dimensionamento adequado da seção viária, no que tange a aspectos de climatologia (cânion urbano) e de provimento de infraestrutura para mobilidade urbana. Trata-se de uma premissa para que estratégias para aproveitamento da luz e da energia solar em edificações e em transporte urbano não motorizado, público coletivo e individual, sejam eficientes energeticamente;
2. O potencial de eficiência energética em edificações comerciais é grande no que tange ao seu consumo individual, que pode ser reduzido em mais da metade, sendo 17% só devido a ações que integram a morfologia urbana e o aproveitamento de iluminação e ventilação naturais. Além disso, há a possibilidade de obtenção de incrementos adicionais em eficiência em edificações se o desenho urbano ampliar as possibilidades de implantação de edificações com plantas curtas, conforme demonstrado no tecido urbano Opção B;
3. O potencial de eficiência energética em edificações residenciais também é significativo, sobretudo se a demanda por aquecimento de água for atendida por energia residual ou calor de fontes renováveis;
4. Sistemas distritais em cogeração a biogás constituem alternativas para reduzir o consumo com aquecimento e resfriamento em edifícios, apesar de requererem capacidade instalada superior ao sistema regional de referência e necessitarem de dispositivos de controle de emissões de poluentes, sobretudo de dióxido de enxofre;
5. A preferência pela participação do modo público coletivo de transporte urbano ou dos modos não motorizados sobre o individual traz os maiores ganhos em termos de eficiência energética no setor e também para a área como um todo, constituindo a mais significativa estratégia de eficiência energética na escala urbana, segundo os condicionantes considerados. Nesse sentido, os tecidos urbanos Opções B e C demonstraram melhor desempenho, pela maior participação do transporte público coletivo em detrimento do transporte individual. A estruturação do sistema de transporte público coletivo, principalmente de média capacidade, prescinde, por sua vez, de compatibilização com a morfologia urbana, no que tange à adequação entre a demanda de passageiros e a capacidade de transporte, bem como provimento da infraestrutura necessária, conforme indicado na proposta metodológica;

6. Conforme mostram os gráficos das figuras 19 a 23, a magnitude das emissões totais de poluentes locais na área urbana é basicamente definida pelo sistema de transporte urbano, tanto pelo consumo energético em transportes ser maior quanto pelos sistemas de geração elétrica serem baseados, na sua maior parte ou na sua totalidade, em recursos renováveis ou de menor impacto ambiental. A principal estratégia para a redução de poluentes locais abrange a substituição da fonte de energia fóssil (diesel) em transportes urbanos por fonte de energia limpa (etanol ou tração elétrica). Em segundo lugar, a maior participação do transporte público em relação ao individual também contribui significativamente para a redução das emissões de poluentes locais, embora em menor proporção que na estratégia de substituição da fonte de energia, sendo o melhor desempenho alcançado com emissões de SO_2 . Já com relação à redução de GEE (figura 24), o favorecimento do transporte público constitui a principal estratégia de redução de emissões no caso do sistema regional de geração (23%). Conforme apontou o estudo de caso, iniciativas para eficiência energética em edifícios pouco impactaram nas emissões totais da área. No caso dos sistemas de geração distrital e predial, associados ao transporte público, bem como na mudança para uma fonte energética limpa, a redução alcançada é de cerca de 12% para a redução total de GEE.

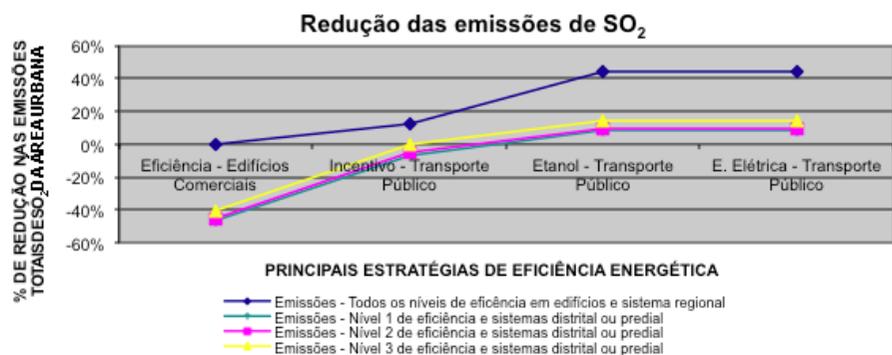


Figura 19: Índice geral de redução de emissões de poluentes - Dióxido de enxofre

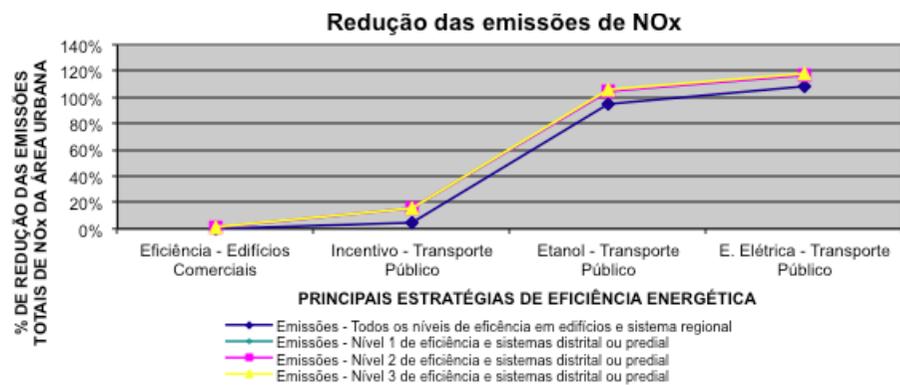


Figura 20: Índice geral de redução de emissões de poluentes - Óxidos de nitrogênio

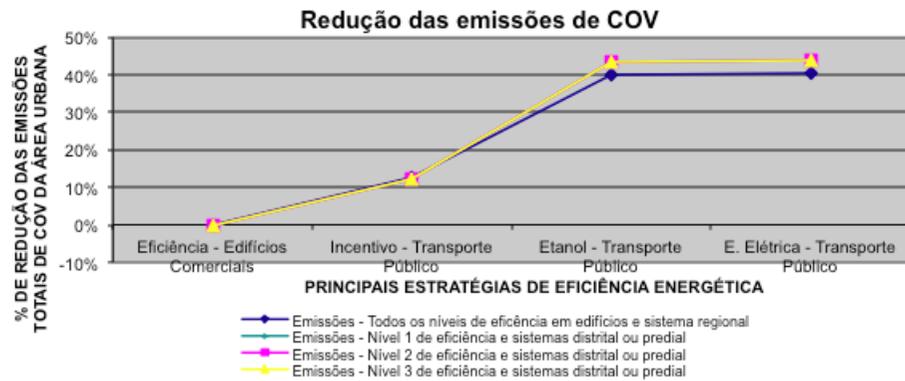


Figura 21: Índice geral de redução de emissões de poluentes - Compostos orgânicos voláteis

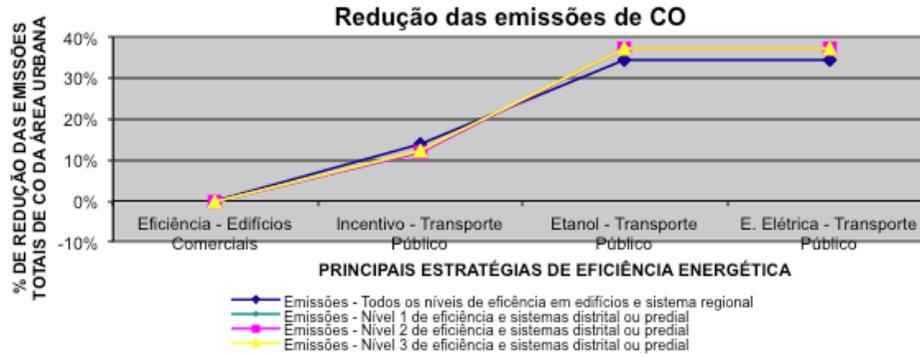


Figura 22: Índice geral de redução de emissões de poluentes - Monóxido de carbono

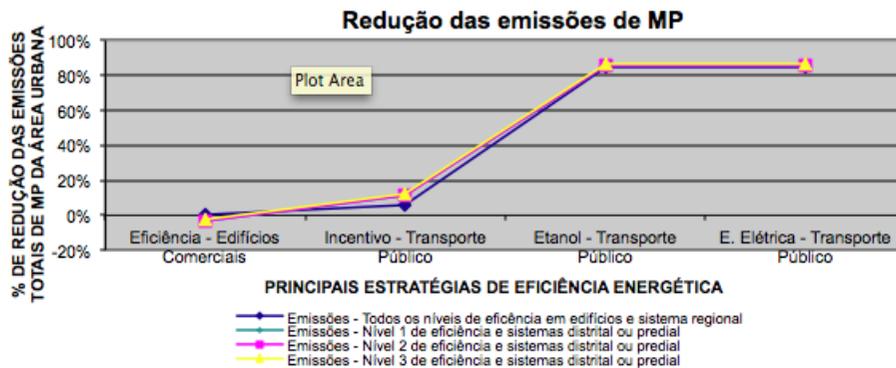


Figura 23: Índice geral de redução de emissões de poluentes - Material particulado

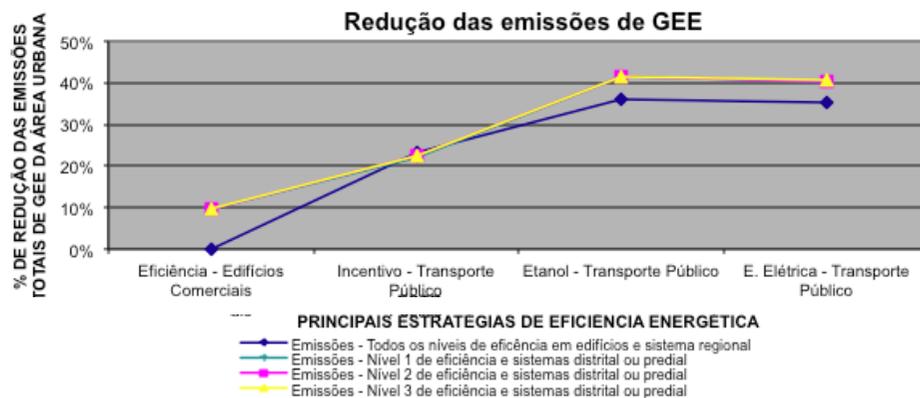


Figura 24: Índice geral de redução de emissões de poluentes - Gases de Efeito Estufa

7. Com base na aplicação da ferramenta computacional no caso da operação urbana Água Branca, compondo 216 situações diferenciadas, além da situação de referência, verificou-se que a mesma permite a identificação de melhores níveis de eficiência energética por meio da consideração de estratégias integradas entre os condicionantes de morfologia e mobilidade urbanas, edificações, energia e meio ambiente, comprovando a tese em questão. A integração de estratégias em morfologia e mobilidade urbanas, edificações, energia e meio ambiente no planejamento da área da operação urbana Água Branca resultaria na redução do consumo total de energia da área da ordem de 15 a 17% (figura 25), significando, em termos quantitativos, uma economia da ordem de 230,3 GWh/ano a 253,5 GWh/ano, o que seria suficiente para atender de 1,2 a 1,4 vezes à demanda inicial estimada para o total de edificações comerciais e residenciais da área do caso da operação urbana Água Branca;

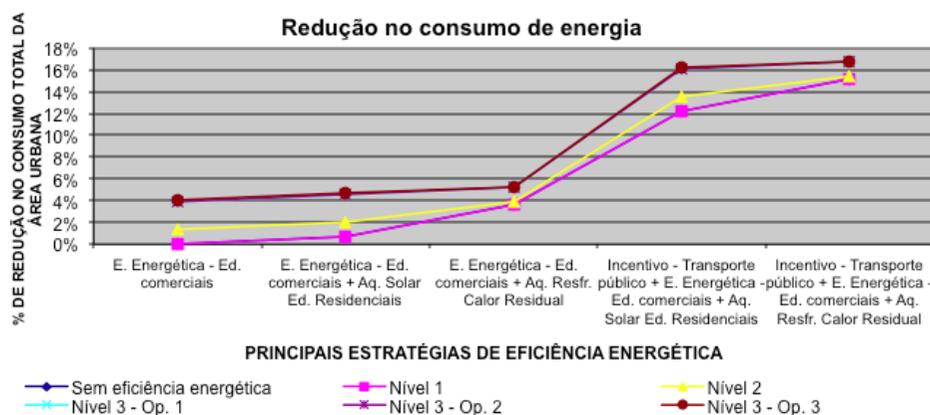


Figura 25: Índice geral de eficiência energética - Redução no consumo de energia

8. Finalmente, o desenvolvimento da proposta metodológica da ferramenta computacional e sua aferição no caso da operação urbana Água Branca permitiram concluir que a metodologia é passível de aplicação no planejamento energético de outras áreas urbanas, similares ou não ao caso estudado.

6. Considerações finais

A ferramenta computacional foi desenvolvida com base na integração dos principais grupos de condicionantes para planejamento energético, urbano e ambiental incidentes sobre as cidades brasileiras. Objetivou-se definir uma lógica de integração setorial, bem como desenvolver e sistematizar uma metodologia para inter-relacionar condicionantes de morfologia e mobilidade urbanas, edificações, meio ambiente e energia, com foco na eficiência energética e na verificação de seus efeitos na emissão de poluentes. Como a ferramenta em questão é aplicável aos estágios preliminares de planejamento, vale ressaltar a importância do alinhamento das estratégias de planejamento com os diversos projetos subsequentes, assim como com os padrões de uso de edifícios e sistemas de transporte urbano, para que o desempenho inicialmente estimado possa ser efetivamente alcançado.

A ferramenta e sua base metodológica foram aplicadas ao caso da operação urbana Água Branca, ficando demonstrado o elevado potencial de integração de estratégias. Nos cenários configurados, foi possível identificar não apenas possíveis potenciais quantitativos, mas também identificar fatores de contribuição dos condicionantes para o resultado global em termos energéticos, urbanísticos e ambientais. Além dos cenários apresentados, diversos outros podem ser compostos e analisados por meio do sistema ora disponibilizado, para suporte ao desenvolvimento e requalificação de muitas outras áreas urbanas no País, desde que variáveis e parâmetros sejam adequados a cada realidade. Nesse sentido, acredita-se que a metodologia e a ferramenta possam contribuir amplamente para o planejamento de áreas urbanas brasileiras, com melhores níveis de integração e eficiência energética, funcional e ambiental, podendo ser aplicada em planos e estudos pela administração pública, universidades e instituições parceiras envolvidas nos projetos.

Vislumbrando a ampla inserção prática dessa proposta, desenvolvida como tese de doutorado e embasada em critérios e parâmetros técnicos e científicos, a autora planeja uma nova fase para esse trabalho, que é a produção de um software que facilite e propicie a produção de soluções integradas e inovadoras em planejamento urbano e que será calibrado em múltiplas situações urbanas. Com isso, espera-se catalisar muitas outras iniciativas no Brasil, focadas na integração dos planejamentos energético, ambiental e urbano, e desenvolver cidades mais eficientes, funcionais, saudáveis e agradáveis para se viver.

7. Referências bibliográficas

ASSIS, A. S. *Impactos da Forma Urbana na Mudança Climática: Método para Previsão do Comportamento Térmico e Melhoria de Desempenho do Ambiente Urbano*. Tese de doutorado em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2000.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS (ANTP). *Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2009*. São Paulo: ANTP, 2010. Disponível em: <http://portal1.antp.net/site/simob/Downloads/Relatório%20Geral%202009.pdf>, acessado em 06/06/11.

ASSUNÇÃO J.; PESQUERO C. "Dioxinas e Furanos: Origens e Riscos". In *Revista de Saúde Pública*. v. 33, nº 5. São Paulo: 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v33n5/0640.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2009.

BAKER N. e STEEMERS, K. *Energy and Environment in Architecture: A technical design guide*. Londres e Nova Iorque: E & FN Spon, 2000.

BUILDING RESEARCH ENERGY CONSERVATION SUPPORT UNIT (BRECSU). "Energy use in offices - Energy Consumption Guide 19". In *Energy Efficiency Best Practice Programme*. v. 19. UK: Garston, 2000.

BURDETT R.; SUDJIC, D. "The Endless City: the Urban Age Project. In *China: the London School of Economics and Deutsche Bank's Alfred Herrhausen Society*. Phaidon Press Limited, 2007.

CARPENTER, S. *Learning from Experience with Advanced Houses of the World*. Sittard, Netherlands: Caddet, 1995.

CERREÑO, A. e SANDER, E. *Pedestrian and Bicyclist Standards and Innovations in Large Central Cities*. New York: Rudin Center for Transportation Policy & Management, 2006. Disponível em: <http://wagner.nyu.edu/rudincenter/files/bikeped.pdf>. Acesso em: 30 de setembro de 2008.

COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇAS DO CLIMA. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)*. Brasília: Governo Federal, 2008.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (Cetesb). *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2008*. São Paulo: Cetesb, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/publicacoes.asp>. Acesso em 25 de abril de 2009.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO (METRÔ/ SP). *Pesquisa Origem - Destino 2007: Região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo: Companhia do Metropolitano de São Paulo, 2008.

DUARTE, D. H. S. *Padrões de Ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região de Clima Tropical Continental*. Tese de doutorado em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2000.

ELETROBRÁS. *Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil: Pesquisa de Posse de Equipamento e Hábitos de Uso - Classe Residencial: Relatório Brasil*. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *National Energy Balance - BEN 2010*. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2010.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (Seade). *Dados estatísticos sobre a RMSP 2007*. São Paulo: Seade, 2007. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/iprs/analises/RMSP.pdf>. Acesso em 18 de junho De 2008.

GHISI, E. "Eficiência Energética em Edificações". In: *Meio Ambiente em Debate 2*. São Paulo: Cetesb, 2007. Disponível em: http://homologa.ambiente.sp.gov.br/EA/cursos/ciclo_palestras/O21007/ProfEnedirGhisi.pdf. Acesso em 14 de novembro de 2008.

GIVONI, B. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York: Wiley, John & Sons, 1998.

GRANRYD, E. *Refrigerating Engineering*. Stockholm: KTH, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (Inmetro). *Tabelas de consumo/ eficiência energética para sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água*. Edição 12/2008b. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/coletoresSolares.pdf>. Acesso em 1º de novembro de 2008.

_____. *Tabelas de Consumo/ Eficiência Energética para Linha de Aquecedores de Água a Gás Tipo Instantâneo*. Edição 4/2009. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/aquecedorAgua.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2009.

_____. *Tabelas de Consumo para Chuveiros Elétricos*. Edição 3/2008a. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/chuveiro.pdf>. Acesso em 1º de novembro de 2008.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Guideline to Planning and Building of District Heating Networks*. Sittard, The Netherlands: Netherland Agency for Energy and the Environment, 1996.

JOCHEM, E. *Steps Towards a Sustainable Development: a White Book for R & D of Energy Efficient Technologies*. Dübendorf, Suíça: Novatlantis, 2004.

MARINS, K. R. de C. C. *Proposta Metodológica para Planejamento Energético no Desenvolvimento de Áreas Urbanas: o potencial da integração de estratégias e soluções em morfologia e mobilidade urbanas, edifícios, energia e meio ambiente aplicado na área da operação urbana Água Branca, no município de São Paulo*. Tese de doutorado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2010.

MOREIRA, J. R. et al. "Best Project - Contribution of Ethanol Usage in Public Urban Transpo In *Anais do XVI Simpósio internacional de engenharia automotiva - o aquecimento global e a mobilidade no século XXI/ Tecnologias para obtenção do desenvolvimento sustentável*. São Paulo: AEA, 2008.

NATIONAL ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE (Neri). *Emission Factors*. Roskilde: Neri, 2008. Disponível em: <http://www.dmu.dk/Luft/Emissioner/Emission+factors/>. Acesso em 15 de junho de 2009.

NEWMAN, P.; KENWORTHY, J. *An International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities* Niwoť, Boulder: University Press of Colorado, 1999.

OHTA, K. et al. *Transport Policy in perspective 2005*. Tokyo: Japan Research Center for Transport Policy, 2006.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (PMSP). LEI Nº 11.774/95, de 18 de maio de 1995. Operação Urbana Água Branca. Estabelece diretrizes e mecanismos para a implantação da Operação Urbana Água Branca. Define programa de melhorias previsto para a área objeto da Operação, e dá outras providências. São Paulo: PMSP, 1995. Disponível em: http://portal.prefeitura.sp.gov.br/empresas_autarquias/emurb/operacoes_urbanas/agua_branca/0001/0002. Acesso em 10 de outubro de 2009.

_____. *Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo*. São Paulo: PMSP, 2004. Disponível em http://www2.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/planejamento/plano_diretor/0004. Acesso em 10 de setembro de 2008.

_____. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente. *Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo*. São Paulo: PMSP, 2005.

_____. *Empresa Municipal de Urbanização - Emurb. Operação Urbana Água Branca: Parâmetros de Revisão Outubro 2009*. São Paulo: PMSP, 2009. Disponível em: http://www.slideshare.net/chicomacena/operao-gua-branca-parametros-de-revisao-out09?from=share_email. Acesso em 13 de dezembro de 2009.

ROMÉRO, M. A.; GONÇALVES, J. C.; DILONARDO, L. F. P. A evolução da arquitetura e dos aspectos energéticos dos edifícios de escritórios nos últimos 30 anos na cidade de São Paulo, In: *Anais do 5º Encontro Nacional e Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído* Fortaleza: ANTAC, 1999

SANTAMOURIS, M. et al. *Energy and Climate in the Urban Built Environment*. London: Earthscan/ James & James, 2001.

THE EUROPEAN ASSOCIATION FOR THE PROMOTION OF COGENERATION. *A guide to cogeneration*. Brussels: The European Association for the Promotion of Cogeneration, 2001.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. "Bagasse Combustion in Sugar Mills". In *External Combustion Sources*. Disponível em: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s08.pdf>. Acesso em 20 de outubro de 2009.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Emissões de Poluentes Atmosféricos por Fontes Móveis e Estimativa dos Efeitos em Saúde em 6 Regiões Metropolitanas Brasileiras*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007.

VASCONCELLOS, E. A. *Transporte e Meio Ambiente: Conceitos e Informações para Análise de Impactos*. São Paulo: Editora do Autor, 2006.

VIANNA N.; GONÇALVES, J. *Iluminação e Arquitetura*. São Paulo: Universidade do Grande ABC, 2001.

WALTON, D. et al. *Urban Design Compendium*. Reino Unido: English Partnerships e The Housing Corporation, 2007.

WATCHS, M. et al. *Highway Capacity Manual 2000*. United States of America: National Academy of Sciences, 2000.

WORLD ALLIANCE FOR DESCENTRALISED ENERGY (WADE). *Guide for decentralized energy technologies*. Edinburg: WADE, 2003.

Anexo 1

Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso - área da operação urbana Água Branca

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	
Morfologia das quadras							
Quadra Tipo 1 - Layout 1	%	-	11,1	33,3	-	-	-
Quadra Tipo 1 - Layout 2	%	-	11,1	33,3	-	-	-
Quadra Tipo 1 - Layout 3	%	-	11,1	33,3	-	-	-
Quadra Tipo 2 - Layout 1	%	-	11,1	-	33,3	-	-
Quadra Tipo 2 - Layout 2	%	-	11,1	-	33,3	-	-
Quadra Tipo 2 - Layout 3	%	-	11,1	-	33,3	-	-
Quadra Tipo 3 - Layout 1	%	-	11,1	-	-	33,3	-
Quadra Tipo 3 - Layout 2	%	-	11,1	-	-	33,3	-
Quadra Tipo 3 - Layout 3	%	-	11,1	-	-	33,3	-
Quadra Tipo 1 - Layout 1	%	-	11,1	33,3	-	-	-
População							-
Densidade populacional (total)	hab/km ₂	41.921	30.272	30.501	30.681	29.118	-28%
Densidade populacional (residencial)	hab/km ₂	18.571	14.109	14.178	14.297	13.603	-24%
Densidade populacional (empregos)	hab/km ₂	23.350	18.984	19.159	19.243	18.236	-19%
Área							
Densidade construída	%	82	70	70	71	68	-15%
Densidade ocupada	%	30	5	5	5	5	-82%
Densidade livre dos lotes	%	30	21	21	22	21	-29%
Densidade viária	%	10	38	37	37	38	275%
Densidade institucional	%	7	7	7	7	7	
Densidade verde pública	%	14	20	20	20	20	39%
Outras áreas reservadas	%	9	9	9	9	9	
Total	%	100	100	100	100	100	
Densidade livre total	%	54	79	79	79	79	45%
Área verde por habitante (residente)	m ₂ / hab	8	14	14	14	15	83%
Transporte							
Transporte não motorizado	%	36,06	15	15	15	15	-58%

Transporte baixa capacidade	%	26,56	9,31	10,31	10,31	9,31	-63%
Transporte público média capacidade - BRT ou VLT	%	0,00	37,24	41,24	41,24	37,24	-
Transporte público alta capacidade	%	8,44	8,44	8,44	8,44	8,44	0%
Transporte particular automóvel	%	28,94	30,00	25,00	25,00	30,00	-5%
Total	%	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0%
Índice de Mobilidade	viagens/ hab dia	1,96	2,88	2,88	2,88	2,88	47%
Taxa de motorização	veículos/ hab	0,49	0,26	0,22	0,22	0,26	-51%

Anexo 1 - Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso - área da operação urbana Água Branca (continuação)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
Consumo de energia							
Consumo de energia - Edifícios comerciais (Níveis de eficiência energética em edificações com uso de calor residual de termelétricas - sistema distrital)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	100,00	64,79	64,71	64,78	64,85	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		64,79	64,71	64,78	64,85	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ m ² ano		60,05	59,89	60,52	60,44	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ m ² ano		44,05	43,13	44,77	44,73	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ m ² ano		42,81	41,95	43,67	43,69	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ m ² ano		40,20	39,26	41,26	41,22	
Consumo de energia - Edifícios comerciais							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		99,77	99,77	99,77	99,77	0%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ m ² ano		82,01	81,78	83,65	83,50	-17%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ m ² ano		48,45	47,07	49,50	49,30	-53%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ m ² ano		47,57	46,25	48,76	48,61	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ m ² ano		45,60	44,25	46,96	46,75	

Consumo de energia - Edifícios comerciais (Níveis de eficiência energética em edificações com uso de calor residual de termelétricas - sistema distrital)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	100,00	64,79	64,71	64,78	64,85	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		64,79	64,71	64,78	64,85	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ m ² ano		60,05	59,89	60,52	60,44	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ m ² ano		44,05	43,13	44,77	44,73	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ m ² ano		42,81	41,95	43,67	43,69	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ m ² ano		40,20	39,26	41,26	41,22	
Consumo de energia - Edifícios comerciais (Níveis de eficiência energética em edificações com uso de calor residual de termelétricas - sistema predial)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	100,00	68,39	68,49	68,44	68,46	-32%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		68,33	68,42	68,37	68,39	-32%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ m ² ano		59,96	59,90	60,46	60,36	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ m ² ano		43,98	43,14	44,72	44,68	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ m ² ano		42,75	41,96	43,63	43,64	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ m ² ano		40,14	39,26	41,23	41,17	
Consumo de energia - Edifícios residenciais							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	0%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		30,67	30,67	30,67	30,67	-23%
Consumo de energia - Edifícios residenciais (Níveis de eficiência energética em edificações aquecimento solar de água)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	40,00	33,00	33,00	33,00	33,00	-18%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		23,67	23,67	23,67	23,67	-41%
Consumo de energia - Edifícios residenciais (Níveis de eficiência energética em edificações com uso de calor residual de termelétricas - sistema distrital)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	40,00	30,00	30,00	30,00	30,00	-25%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		20,67	20,67	20,67	20,67	-48%
Consumo de energia - Edifícios residenciais (Níveis de eficiência energética em edificações com uso de calor residual de termelétricas - sistema predial)							
Consumo inicial de referência	kWh/ m ² ano	40,00	30,00	30,00	30,00	30,00	-25%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ m ² ano		20,67	20,67	20,67	20,67	-48%

Anexo 1 - Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso - área da operação urbana Água Branca (continuação)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	
Consumo de energia total em edificações por população fixa							
Consumo inicial de referência	kWh/ hab ano	1.450,16	1.313,80	1.310,34	1.313,52	1.316,71	-9%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ hab ano		1.311,83	1.308,38	1.311,55	1.314,73	-10%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ hab ano		1.157,45	1.152,28	1.171,43	1.173,03	-20%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ hab ano		865,68	851,15	874,62	875,23	-41%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ hab ano		857,99	843,99	868,14	869,22	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ hab ano		840,89	826,69	852,53	853,03	
Consumo de energia por passageiro transportado							
Consumo inicial de referência	kWh/ pass ano	4,74	4,74	4,74	4,74	4,74	0%
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	kWh/ pass ano		4,87	4,24	4,24	4,87	-4%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	kWh/ pass ano		5,39	4,82	4,82	5,39	8%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	kWh/ pass ano		5,32	4,73	4,73	5,32	6%
Emissões de poluentes em transporte de passageiros							
Emissões de SO₂							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	0,0693	0,0815	0,0717	0,0717	0,0815	10%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		0,0675	0,0562	0,0562	0,0675	-11%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		0,0675	0,0562	0,0562	0,0675	-11%

Emissões de NO _x							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	1,0017	1,9132	1,8891	1,8891	1,9132	90%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		1,0098	0,8887	0,8887	1,0098	-5%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		0,8829	0,7481	0,7534	0,8829	-18%
Emissões de COV							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	1,3186	1,5162	1,3257	1,3257	1,5162	8%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		1,2947	1,0804	1,0804	1,2947	-10%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		1,2907	1,0759	1,0760	1,2907	-10%
Emissões de CO							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	11,9034	13,2027	11,4061	11,4061	13,2027	3%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		11,7293	9,7745	9,7745	11,7293	-10%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		11,7298	9,7750	9,7758	11,7298	-10%

Emissões de MP							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	0,0850	0,1298	0,1226	0,1226	0,1298	49%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		0,0772	0,0644	0,0644	0,0772	-17%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		0,0771	0,0643	0,0643	0,0771	-17%
Emissões de CO ₂							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	g/ passag ano	321,63	345,29	294,94	294,94	345,29	0%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	g/ passag ano		319,05	265,88	265,88	319,05	-9%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	g/ passag ano		320,93	267,95	271,07	320,93	-8%

Anexo 1 - Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso - área da operação urbana Água Branca (continuação)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	
Emissões de poluentes de geração de energia elétrica por população residente							
Emissões de SO₂							
Sistema regional							
Consumo inicial de referência	g / hab ano	0,9899	0,9469	0,9468	0,9469	0,9469	-4%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		0,9456	0,9455	0,9456	0,9456	-4%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		0,8454	0,8440	0,8547	0,8539	-4%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		0,6561	0,6481	0,6620	0,6611	-34%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		0,6511	0,6434	0,6578	0,6572	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		0,6400	0,6322	0,6477	0,6468	
Sistemas distrital e predial							
Consumo inicial de referência	g / hab ano	0,9899	173,51	173,38	173,50	173,62	17427%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		173,51	173,38	173,50	173,62	17427%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		166,35	166,08	167,06	166,95	16731%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		142,16	140,73	143,24	143,23	14034%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		140,30	138,95	141,59	141,66	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		136,35	134,88	137,95	137,93	

Emissões de NOx								
Sistema regional								
Consumo inicial de referência	g / hab ano	320,07	306,1531	306,1377	306,1494	306,1684	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		305,7396	305,7259	305,7361	305,7535	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		273,3551	272,8909	276,3372	276,0964	-14%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		212,1483	209,5500	214,0598	213,7662	-34%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		210,5347	208,0435	212,7006	212,5085		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		206,9478	204,4043	209,4258	209,1210		
Sistemas distrital e predial								
Consumo inicial de referência	g / hab ano		215,19	215,03	215,18	215,33	-33%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		215,19	215,03	215,18	215,33	-33%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		206,32	205,98	207,19	207,06	-35%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano	176,31	174,54	177,66	177,64	-46%		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano	174,00	172,33	175,61	175,70			
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano	169,11	167,28	171,09	171,06			

Emissões de COV								
Consumo inicial de referência	g / hab ano	6,5994	6,3124	6,3121	6,3124	6,3128	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		6,3039	6,3036	6,3038	6,3042	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		5,6362	5,6266	5,6977	5,6927	-14%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		4,3742	4,3206	4,4136	4,4076	-34%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		4,3409	4,2896	4,3856	4,3816		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		4,2670	4,2145	4,3181	4,3118		
Sistemas distrital e predial								
Consumo inicial de referência	g / hab ano		28,18	28,16	28,18	28,20	327%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		28,18	28,16	28,18	28,20	327%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		27,02	26,98	27,14	27,12	310%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		23,09	22,86	23,27	23,26	244%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		22,79	22,57	23,00	23,01		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		22,15	21,91	22,41	22,40		

Anexo 1 - Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso - área da operação urbana Água Branca (continuação)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA	
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D		
Emissões de CO								
Sistema regional								
Consumo inicial de referência	g / hab ano	49,4954	47,3433	47,3409	47,3427	47,3456	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		47,2793	47,2772	47,2788	47,2815	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		42,2714	42,1996	42,7326	42,6953	-14%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		32,8064	32,4046	33,1020	33,0566	-34%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		32,5569	32,1717	32,8918	32,8621		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		32,0022	31,6089	32,3854	32,3383		
Sistemas distrital e predial								
Consumo inicial de referência	g / hab ano			253,00	252,80	252,98	253,16	411%
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano			253,00	252,80	252,98	253,16	411%
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano			242,56	242,16	243,59	243,44	391%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		207,29	205,20	208,87	208,84	312%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		204,57	202,61	206,46	206,56		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		198,82	196,67	201,14	201,11		

Emissões de MP								
Sistema regional								
Consumo inicial de referência	g / hab ano	0,6599	0,6312	0,6312	0,6312	0,6313	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		0,6304	0,6304	0,6304	0,6304	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		0,5636	0,5627	0,5698	0,5693	-14%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		0,4374	0,4321	0,4414	0,4408	-34%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		0,4341	0,4290	0,4386	0,4382		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		0,4267	0,4215	0,4318	0,4312		
Sistemas distrital e predial								
Consumo inicial de referência	g / hab ano		20,86	20,84	20,86	20,87	3060%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		20,86	20,84	20,86	20,87	3060%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		20,00	19,96	20,08	20,07	2935%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano	17,09	16,92	17,22	17,22	2448%		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano	16,86	16,70	17,02	17,03			
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano	16,39	16,21	16,58	16,58			

Sistema regional								
Consumo inicial de referência	g / hab ano	83.636	180.586	180.577	180.584	180.595	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		180.342	180.334	180.340	180.350	-4%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		161.240	160.966	162.999	162.857	-14%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		125.137	123.604	126.264	126.091	-34%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		124.185	122.716	125.463	125.349		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		122.069	120.569	123.531	123.351		
Sistemas distrital e predial								
Consumo inicial de referência	g / hab ano		12.350	12.340	12.349	12.358	-93%	
Eficiência em Edificações - Nível 1	g / hab ano		12.350	12.340	12.349	12.358	-93%	
Eficiência em Edificações - Nível 2	g / hab ano		11.840	11.821	11.890	11.883	-94%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	g / hab ano		10.118	10.017	10.195	10.194	-95%	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	g / hab ano		9.986	9.890	10.078	10.083		
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	g / hab ano		9.705	9.600	9.818	9.817		

Anexo 1 - Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso - área da operação urbana Água Branca (continuação)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	
RESULTADOS TOTAIS							
Consumo total de energia em edificações + estratégias de eficiência energética em edificações							
Consumo inicial de referência	kWh/ ano	250.466.222	166.078.453	163.680.417	166.204.571	158.546.095	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ ano		165.829.278	163.435.863	165.955.291	158.307.389	-35%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ ano		146.314.426	143.936.672	148.226.091	141.245.586	-42%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ ano		109.431.250	106.321.496	110.669.279	105.386.932	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ ano		108.458.909	105.426.905	109.849.612	104.663.341	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ ano		106.297.409	103.265.759	107.874.727	102.714.511	
Consumo total de energia em edificações + estratégias de eficiência do lado da oferta (sistema regional)							
Consumo inicial de referência	kWh/ ano	250.466.222	153.253.119	151.056.305	153.370.991	146.289.266	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ ano		153.003.944	150.811.751	153.121.711	146.050.560	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ ano		134.034.685	131.861.852	136.010.186	129.475.798	-47%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ ano		96.605.916	93.697.384	97.835.699	93.130.104	-62%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ ano		95.633.575	92.802.793	97.016.032	92.406.512	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ ano		93.472.075	90.641.648	95.041.147	90.457.682	

Consumo total de energia em edificações + estratégias de eficiência do lado da oferta (sistema distrital)							
Consumo inicial de referência	kWh/ ano	250.466.222	109.063.718	107.405.343	109.140.097	104.184.597	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ ano		109.063.718	107.405.343	109.140.097	104.184.597	-57%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ ano		103.859.461	102.176.618	104.454.604	99.554.607	-59%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ ano		86.268.498	84.011.987	87.124.087	83.084.641	-67%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ ano		84.914.704	82.737.751	85.922.390	81.999.883	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ ano		82.045.306	79.817.314	83.270.337	79.405.076	
Consumo total de energia em edificações + estratégias de eficiência do lado da oferta (sistema predial)							
Consumo inicial de referência	kWh/ ano	250.466.222	113.024.398	111.491.723	113.157.846	107.964.066	-56%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kWh/ ano		112.954.617	111.421.974	113.087.854	107.897.935	-56%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kWh/ ano		103.752.621	102.186.926	104.388.493	99.476.863	-59%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kWh/ ano		86.194.504	84.019.129	87.078.311	83.030.807	-67%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kWh/ ano		84.843.693	82.744.602	85.878.449	81.948.210	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kWh/ ano		81.979.831	79.823.584	83.229.649	79.357.267	

Consumo total de energia em transportes							
Consumo inicial de referência	kWh/ ano	1.090.007.224	1.090.007.224	1.090.007.224	1.090.007.224	1.090.007.224	0%
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis	kWh/ ano		1.306.598.374	1.137.628.308	1.135.196.692	1.235.562.135	10%
Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis	kWh/ ano		1.446.936.442	1.293.026.230	1.290.262.460	1.368.270.400	24%
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade	kWh/ ano		1.426.777.130	1.270.703.596	1.267.987.540	1.349.207.095	22%
Capacidade instalada							
Cenário 1 - Transporte público com combustíveis fósseis e Cenário 2 - Transporte público com combustíveis renováveis							
Sistema de Geração de Energia Regional							
Consumo inicial de referência	kW	52.097	25.422	25.043	25.440	24.278	-52%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kW		25.409	25.030	25.427	24.266	-52%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kW		17.463	17.181	17.604	16.777	-67%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kW		14.049	13.674	14.194	13.530	-74%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kW		13.858	13.494	14.026	13.378	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kW		13.447	13.078	13.648	13.008	
Sistema de Geração de Energia Distrital							
Consumo inicial de referência	kW	52.097	30.629	30.161	30.650	29.260	-42%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kW		30.629	30.161	30.650	29.260	-42%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kW		29.365	28.892	29.512	28.136	-44%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kW		25.095	24.482	25.305	24.138	-53%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kW		24.766	24.172	25.013	23.874	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kW		24.069	23.463	24.370	23.245	

Anexo 1 - Principais resultados e indicadores da aplicação da ferramenta computacional para planejamento energético e ambiental urbano no estudo de caso - área da operação urbana Água Branca (continuação)

PRINCIPAIS INDICADORES E RESULTADOS	Unidade	Referência	Opções de Tecido Urbano				INCREMENTO DAS OPÇÕES SOBRE A REFERÊNCIA
			Opção A	Opção B	Opção C	Opção D	
Sistema de Geração de Energia Predial							
Consumo inicial de referência	kW	52.097	38.482	37.933	38.523	36.771	-27%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kW		33.264	32.797	33.301	31.784	-37%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kW		31.678	31.200	31.872	30.372	-40%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kW		26.315	25.651	26.585	25.349	-51%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kW		25.868	25.228	26.184	24.986	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kW		25.028	24.369	25.409	24.227	
Cenário 3 - Transporte público com combustíveis renováveis e eletricidade							
Sistema de Geração de Energia Regional							
Consumo inicial de referência	kW	52.097	68.023	72.216	72.513	64.564	33%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kW		68.010	72.203	72.500	64.551	33%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kW		60.065	64.355	64.677	57.062	18%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kW		56.651	60.847	61.267	53.815	11%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kW		56.459	60.667	61.098	53.664	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kW		56.049	60.251	60.720	53.293	
Sistema de Geração de Energia Distrital							
Consumo inicial de referência	kW	52.097	73.230	77.334	77.722	69.546	43%
Eficiência em Edificações - Nível 1	kW		73.230	77.334	77.722	69.546	43%
Eficiência em Edificações - Nível 2	kW		71.967	76.065	76.585	68.422	41%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 1	kW		67.696	71.655	72.378	64.423	32%
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 2	kW		67.368	71.346	72.086	64.160	
Eficiência em Edificações - Nível 3 - Opção 3	kW		66.671	70.637	71.442	63.530	

30
LUGAR



CATEGORIA GRADUADO

Estudo Experimental de um Agregado Reciclado de Resíduo de Construção e Demolição (RCD) para Utilização em Pavimentação

Autor:

Alejandra María Gómez Jiménez
(alejagomez1@gmail.com)

Orientador:

Márcio Muniz de Farias
(marcio.muniz@pq.cnpq.br)

Instituição de Vínculo:

Universidade de Brasília (UnB)

1. Introdução

1.1 Motivação

A proteção do meio ambiente é um fator básico, que está ligado à sobrevivência da raça humana. Temas como consciência ambiental, proteção dos recursos humanos e desenvolvimento sustentável desempenham um importante papel nos requerimentos modernos para os projetos de construção (OIKONOMOU, 2005).

Oikonomou (2005) ressalta que os materiais de construção são muito significativos em nossas vidas, considerando que em 90% do tempo estamos dentro de edifícios ou infraestruturas (rodovias, estradas, pontes, barragens etc.). Isso faz com que a construção seja responsável por utilizar pelo menos 50% dos materiais primários da natureza, consumir 40% da energia total produzida e produzir 50% do lixo das cidades.

A construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento de qualquer país, porém, é uma grande geradora de impactos ambientais devido ao intenso consumo de matéria-prima, à modificação da paisagem e à grande geração de resíduos (DELONGUI *et al.*, 2010). A indústria da construção civil, em função das características particulares do seu processo produtivo, constitui uma grande geradora de resíduos denominados resíduos de construção e demolição (RCD). Esses resíduos consistem no entulho gerado durante a construção, renovação e demolição de edifícios, estradas e pontes. O RCD é composto por materiais volumosos e pesados como concreto, madeira, metais e vidro, entre outros.

Esses resíduos geralmente não têm um tratamento ou disposição final adequado, sendo levados, no melhor dos casos, para aterros sanitários onde, devido ao seu grande volume, diminuem consideravelmente a vida útil desses locais. Em outros casos, são simplesmente colocados em bota-foras ilegais, onde o material vai se acumulando por vários anos, ou mesmo décadas, até formar terrenos artificiais, aparentemente estáveis, que geralmente viram assentamentos humanos. O acúmulo desse tipo de resíduo em encostas favorece os movimentos de massa como os que aconteceram em Niterói, no Estado de Rio de Janeiro, em abril de 2010, ou no município de Bello, na Colômbia, em dezembro de 2010, onde após fortes chuvas ocorreram escorregamentos classificados como fluxos de detritos e lodos. Os dois deslizamentos deixaram cem pessoas mortas e foi comprovado, em ambos os casos, a existência prévia de bota-foras de resíduos de construção e outros materiais antrópicos. Esses fenômenos geram grande preocupação para as autoridades governamentais e ambientais.

A quantidade de RCD gerada em nível mundial e local é significativa e seu volume aumenta cada vez mais devido à construção de novos edifícios e estruturas que permitam o desenvolvimento das cidades; à demolição de edifícios e estruturas que chegaram ao final da sua vida útil; à reforma

de estruturas para cumprir com novos requisitos ou necessidades; a fenômenos naturais, como terremotos, tormentas, enchentes e fenômenos antrópicos, com as guerras.

Na União Europeia são geradas em torno de 300 milhões de ton/ano. Segundo a Environmental Protection Agency (EPA), dos Estados Unidos, em 2003 a produção de RCD chegou a um total de 170 milhões de toneladas, provenientes das diferentes fontes ou atividades da construção, como apresentado na tabela 1.1.

Tabela 1.1. Quantidade estimada de RCD produzido nos Estados Unidos em 2003 (modificado de EPA, 2003)

Fonte	Residencial		Não Residencial		Total	
	Milhões de toneladas	Porcentagem (%)	Milhões de toneladas	Porcentagem (%)	Milhões de toneladas	Porcentagem (%)
Construção	10	15	5	5	15	9
Renovação	38	57	33	32	71	42
Demolição	19	28	65	63	84	49
Total	67	100	103	100	170	100
Porcentagem (%)	39		61			

Em Hong Kong, a produção de resíduos era de 19,6 ton/ano em 2004. Segundo Tam *et al.* (2008), na Austrália a produção de RCD é de 44% dos resíduos sólidos urbanos (RSU), o que equivale a 6 milhões de ton/ano. No Brasil, considerando a geração de 0,4 toneladas de entulho por habitante/dia, seriam produzidos 68 milhões de ton/ano. Somente na cidade de São Paulo são gerados 6 milhões de ton/ano (KAZMIERCZAK, 2008). A estimativa da Associação das Empresas de Coletores de Entulho de Obra e Similares de Brasília (Ascoles) é de que 70% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados no DF sejam constituídos por RCD, com uma carga de 6 mil toneladas por dia, o que equivale a 2,2 milhões de toneladas por ano (FARIAS, 2009), considerando apenas resíduos coletados pelo Serviço de Limpeza Urbana (SLU).

A quantidade de resíduos gerados varia consideravelmente de uma comunidade para outra. Essa variação é originada, em parte, pelas diferentes técnicas de construção e pelo crescimento histórico e econômico da comunidade. Em zonas de crescimento rápido, o fluxo de RCD decorre principalmente de materiais de construção de novos edifícios, geralmente com pequenas quantidades de material de demolição. Grandes volumes de resíduos de demolição são gerados quando edifícios antigos são derrubados completa ou parcialmente. Os materiais que compõem os RCD também variam conforme o tipo de edificação e os métodos empregados na indústria da construção (EPA, 2003).

Além da preocupação com a geração de RCD, existe o fato de que a exploração indiscriminada dos recursos naturais provocou a escassez desses e uma rápida deterioração do entorno e das

jazidas, obrigando a exploração de novas fontes de materiais. No Brasil, a região do Distrito Federal é conhecida nacionalmente pela carência de materiais adequados para a estrutura do pavimento. As jazidas de cascalho, tradicionalmente utilizado como material de base rodoviária, encontram-se hoje em fase de exaustão. Há também insuficiência de britas de qualidade, que possam ser utilizadas como agregados para as camadas de base, sub-base ou para as misturas asfálticas dos revestimentos (FARIAS, 2009).

Pesquisas desenvolvidas em países como Holanda, Hong Kong, Espanha, Alemanha, Estados Unidos e Brasil indicam que os resíduos de construção civil e demolição apresentam potencialidades na substituição de agregados usados para concreto e pavimentação, considerando que em seu primeiro uso foram selecionados como matéria-prima essencial desses produtos e ainda conservam muitas das suas propriedades originais. Então os agregados reciclados poderiam ocupar o lugar das britas graduadas e de areias de diferentes tamanhos, entre outros.

Dentro dessas perspectivas e tendo-se em conta a capacidade instalada da Universidade de Brasília (UnB) em termos de recursos físicos e humanos, esta pesquisa foi desenvolvida abordando a possibilidade de reúso dos RCD produzidos em Brasília como materiais convenientes para utilização em pavimentação. Para isso, foi necessário separar e classificar o resíduo, com o intuito de que cada leva de material obtida fosse adequada a uma faixa granulométrica normalizada, possibilitando uma comparação entre os materiais alternativos e os naturais atualmente usados, determinando as propriedades físicas e mecânicas, a fim de obterem-se informações sobre sua composição e estabilidade química, tamanho, forma e distribuição das partículas e seu comportamento mecânico quando submetido a carregamentos cíclicos.

Uma vez avaliado o comportamento físico e mecânico dos RCD do DF, ter-se-ia uma base sólida para a efetiva promoção do resíduo triturado como material adequado para uso na estrutura de pavimentos, o qual ainda sofre preconceitos.

1.2 Objetivos

Esta pesquisa tem como objetivo geral verificar a aplicabilidade de um resíduo de construção civil e demolição na estrutura de pavimentos.

Para atender a esse objetivo, serão desenvolvidos os seguintes passos específicos:

- Caracterização física do resíduo de construção civil e demolição mediante os ensaios tradicionais empregados para agregados naturais;
- Análise da influência do processo de compactação na variação de tamanho, distribuição e forma das partículas;
- Avaliação do comportamento mecânico do resíduo de construção e demolição, submetido a diferentes períodos de cura.

2. Materiais e métodos

A metodologia de análise do RCD como material para camadas de base de pavimentos, utilizada nesta pesquisa, é baseada nos métodos tradicionais de caracterização física, química e mecânica de agregados naturais. O fato de testar o material alternativo como um agregado natural, permite fazer uma comparação entre a qualidade oferecida pelo RCD e pelos materiais tradicionais, usados em diferentes obras de infraestrutura. Neste capítulo são apresentados todos os ensaios de caracterização feitos sobre uma amostra de RCD de Brasília, resultante da demolição do Estádio Mané Garrincha.

2.1 Seleção e coleta de material

O resíduo de construção e demolição sobre o qual se fizeram todas as caracterizações físicas, químicas e mecânicas desta pesquisa foi fornecido por Areia Bela Vista, empresa dedicada à exploração e produção de areia natural para fabricação de concreto e argamassa e à reciclagem de RCD para a produção de areia utilizada em concreto asfáltico. O material selecionado faz parte do entulho gerado durante a demolição do Estádio Mané Garrincha, na cidade de Brasília. Esses resíduos foram estocados em Sobradinho II, onde a empresa Areia Bela Vista tem suas instalações, a fim de serem submetidos ao processo de reciclagem.

Dentro do reconhecimento preliminar de campo, foi possível observar que o entulho era composto, em sua maior parte, por pedaços de concreto, argamassa, tijolos, telhas, contrapisos e azulejos (ver figura 2.1). Materiais contaminantes como barras de aço, tubos de ferro, tubos de PVC e pedaços de madeira, com tamanhos superiores a 50 cm, também estavam presentes no local. Materiais incluídos na classe C da resolução Conama Nº 307/2002, tais como o gesso, não foram encontrados. Foram necessários dois processos de triagem e britagem antes de o RCD ser considerado como agregado reciclado. Esses dois processos se descrevem a seguir.



Figura 2.1. Entulho gerado pela demolição do Estádio Mané Garrincha

2.1.1 Triagem e britagem primária

Feito o reconhecimento preliminar do material, iniciou-se o processo de triagem para a separação do material contaminante de tamanho maior e, em seguida, a britagem. Durante esse processo, pequenos fragmentos metálicos foram retirados com ajuda de uma banda magnética instalada no britador. A figura 2.2 apresenta o britador de mandíbulas da empresa Areia Bela Vista, utilizado para a trituração primária.



Figura 2.2. Britador de mandíbulas, empresa Areia Bela Vista

O material foi reduzido a um tamanho médio entre 10 e 12 cm. Durante a britagem, e como processo adicional, foi retirado o aço restante por meio de bandas magnéticas instaladas na esteira de saída do britador. Uma quantidade aproximada de 12 toneladas de entulho foi transformada em RCD e transportada em caminhão para o Laboratório de Engenharia Rodoviária (LER) da UnB, sendo armazenado em local protegido da chuva e, posteriormente, rebitado e caracterizado.

2.1.2 Triagem e britagem secundária

A segunda britagem foi feita no laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da UnB. O britador de mandíbulas utilizado neste processo é apresentado na figura 2.3. Antes de levar o material até o laboratório de Geocronologia para britagem, foi feita uma segunda triagem para retirar pedaços de madeira, plástico e ferro que ainda estavam presentes no resíduo. A figura 2.4 ilustra estes materiais.



Figura 2.3. Britador de mandíbulas utilizado na britagem secundária. Laboratório de Geocronologia



Figura 2.4. Triagem de materiais contaminantes: a) Madeira b) Plásticos c) Ferro

Após o segundo processo de britagem foi realizado um ensaio de granulometria por peneiramento. As curvas granulométricas obtidas sobre três amostras do agregado reciclado de RCD são apresentadas na figura 2.5. Com essas curvas foi possível definir a faixa granulométrica sobre a qual seriam feitos todos os ensaios da pesquisa, sendo essa a faixa C da especificação do serviço (DNER-ES 303/97) apresentada na tabela 2.1.

Aproximadamente 1.600 quilos de material com tratamento primário foram transportados até o laboratório de Geocronologia e britados. Logo após esse procedimento, o material foi misturado até alcançar uma homogeneidade granulométrica aparente e colocado em sacos plástico com um peso aproximado de 16 quilos cada, considerados amostras representativas do agregado reciclado de RCD. Antes de começar os ensaios de caracterização, as amostras foram secas ao ar até atingir a sua umidade higroscópica. Durante o processo de secagem, o material foi cuidadosamente misturado com o intuito de gerar amostras homogêneas e evitar perda de finos.

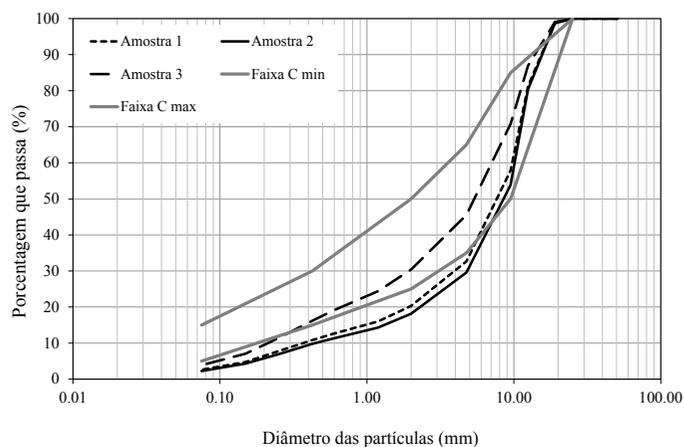


Figura 2.5. Distribuição granulométrica do RCD após britagem no laboratório de Geocronologia

Tabela 2.1. Faixas granulométricas para base estabilizada granulometricamente (DNER-ES 303/97)

Tipos	N>5x10 ⁶				N<5x10 ⁶		Tolerâncias
	A	B	C	D	E	F	
Peneiras	% em peso passando						
2"	100	100	-	-	-	-	± 7
1"	-	75-90	100	100	100	100	± 7
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	± 7
Nº4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	10-100	± 5
Nº10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	± 5
Nº40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	± 2
Nº200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	± 2

2.2 Ensaios de caracterização física

Os ensaios de caracterização física e mecânica foram realizados no LER e no laboratório de Geotecnia da UnB, utilizando normas de ensaio nacionais e internacionais como ABNT - NBR, DNER, ASTM, AASHTO e BS.

2.2.1 Materiais constituintes do agregado reciclado de RCD

A metodologia de ensaio empregada para conhecer os materiais constituintes do RCD estudado foi adotada da pesquisa de Motta (2005). Foram selecionados 13 quilos de material seco, os quais foram misturados para homogeneizar a amostra e, posteriormente, submetidos a peneiramento, visando à separação dos tamanhos graúdos (1" - Nº4) dos miúdos (Nº4 - fundo). As peneiras usadas para a separação do material foram: 25.4 mm (1"), 19.0 mm (3/4"), 12.5 mm (1/2"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (Nº4), 2.0 mm (Nº10), 0.425 mm (Nº40), 0.075 mm (Nº200) e fundo (< 0.075 mm).

Separado o material por tamanho, a classificação visual dos diferentes elementos encontrados na sua composição foi facilitada. Inicialmente o material foi separado de forma manual e dividido nas seguintes classes: materiais cimentícios (concreto e argamassa); pétreos (britas e seixos rolados); cerâmicos vermelhos (telha e tijolo); cerâmicos brancos (azulejos e pisos); contrapisos; contaminantes (telhas de amianto, gesso, madeira, aço e arame). Os materiais que passaram na peneira nº 4 (4.75 mm) foram classificados como finos e não foi possível a separação manual destes.

2.2.2 Distribuição granulométrica do agregado reciclado de RCD

A curva de distribuição granulométrica mostra tanto o tamanho das partículas presentes em um solo como a distribuição de partículas de diferentes tamanhos. Essa distribuição tem influência direta na forma como os vazios do solo serão ocupados pelas partículas, sendo que um material granular bem graduado apresentará menor índice de vazios e mais entrosamento entre grãos, gerando um maior ângulo de atrito macroscópico.

Tendo em vista o interesse de a pesquisa ser a aplicação do agregado reciclado como material de base para pavimentos, a análise granulométrica do RCD foi feita somente por peneiramento, seguindo os procedimentos descritos na norma DNER-ME 080/94. Um total de seis curvas granulométricas foi obtido, e com elas foi possível conhecer o diâmetro máximo nominal do agregado do RCD e classificá-lo como agregado pedregulhoso, arenoso ou fino, assim como conhecer os coeficientes de curvatura e uniformidade do material.

2.2.3 Teor de materiais pulverulentos

Materiais pulverulentos são partículas minerais com dimensão inferior a 0.075 mm, inclusive os materiais solúveis em água, presentes nos agregados. No geral, a presença desses materiais é indesejável na constituição do concreto. Um agregado com alto teor de materiais pulverulentos diminui a aderência do agregado à pasta ou argamassa, prejudicando de forma direta a resistência do concreto. Para a realização do ensaio a amostra de agregado deve ser seca em estufa a $110 \pm 5^\circ\text{C}$. As massas do material são selecionadas segundo a dimensão máxima característica do agregado, como apresentado na tabela 2.2.

Tabela 2.2. Massa mínima requerida para a determinação de material pulverulento

Dimensão máxima característica do agregado (mm)	Massa mínima por amostra de ensaio (kg)
< 4.75	0.50
4.75 < 19.00	3.00
> 19.00	5.00

Após determinar o peso da amostra do ensaio, esta é colocada num recipiente metálico e, em seguida, é coberta com água. Com a ajuda de uma haste mexe-se o material sem provocar abrasão, a fim de que os materiais mais finos se soltem das partículas maiores. A água deve ser despejada através das peneiras 1,2 mm e 0,075 mm, e o processo deve ser realizado até que a água da lavagem fique limpa. Finalizando o processo, o material deve ser colocado em estufa a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ até atingir peso constante, e, finalmente, o peso final do material deve ser determinado. O teor de material pulverulento será a média aritmética do resultado obtido entre as duas amostras. A equação para o cálculo é dada por:

$$TP = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \quad (2.1)$$

em que:

TP = teor de material pulverulento

W_i = peso inicial da amostra

W_f = peso final da amostra

2.2.4 Limites de Atterberg

No início do ano 1900, o cientista sueco Atterberg desenvolveu um método para descrever a consistência dos solos fino granulares segundo a variação do teor de umidade. Consequentemente, Atterberg definiu quatro estados do solo dependentes da sua capacidade de reter água, os quais se relacionam da seguinte forma: a quantidade de água, em porcentagem, que o solo precisa para passar do estado sólido a semisólido está definida como o limite de contração; a quantidade de água necessária para que o solo passe do estado semisólido ao estado plástico se define como limite de plasticidade e, finalmente, a quantidade de água que um solo fino granular precisa para passar do estado plástico ao estado líquido se define como limite de liquidez.

Dentro desta pesquisa, estabeleceram-se os limites de liquidez e de plasticidade. No limite de liquidez, o procedimento de ensaio utilizou a norma britânica BS 1377-2/90, que prescreve o uso de um cone de penetração com ângulo e peso padronizados (ver figura 2.6), em substituição ao uso do aparelho de Casagrande, para determinar a umidade na qual o solo começaria a fluir. O ensaio de limite de plasticidade foi feito mediante o procedimento da norma DNER-ME 082/94.

2.2.5 Absorção do agregado reciclado de RCD

A absorção é uma das propriedades prioritárias para o uso do material granular na composição de estruturas de pavimentos, uma vez que a quantidade de água presente nas misturas pode variar, dependendo da capacidade de retenção de água do material selecionado.

O procedimento adotado para a realização do ensaio de absorção sobre o agregado de RCD graúdo se encontra na norma DNER-ME 081/98. Esse ensaio fornece o aumento porcentual de massa que o agregado sofre devido ao preenchimento por água de seus vazios permeáveis, em relação à massa seca. O valor da absorção é obtido mediante a expressão:

$$a = \frac{M_{sss} - M_s}{M_s} \quad (2.2)$$

em que:

a = absorção

M_s = massa, ao ar, do agregado seco em estufa

M_{sss} = massa, ao ar, do agregado na condição saturada, superfície seca



Figura 2.6. Cone de penetração para o ensaio de limite de liquidez

2.2.6 Massa específica e densidade dos agregados graúdos e miúdos que compõem o RCD

A densidade aparente é definida como a razão entre o peso ao ar da unidade de volume de um agregado (porção impermeável), a uma dada temperatura, e o peso, ao ar, da massa de igual volume de água destilada, livre de gases, à mesma temperatura (Souza, 2010). O procedimento de ensaio para a obtenção da densidade aparente do RCD encontra-se descrito detalhadamente na norma de ensaio DNER-ME 081/98. A figura 2.7 apresenta as diferentes etapas do RCD durante o ensaio de absorção e densidade aparente.

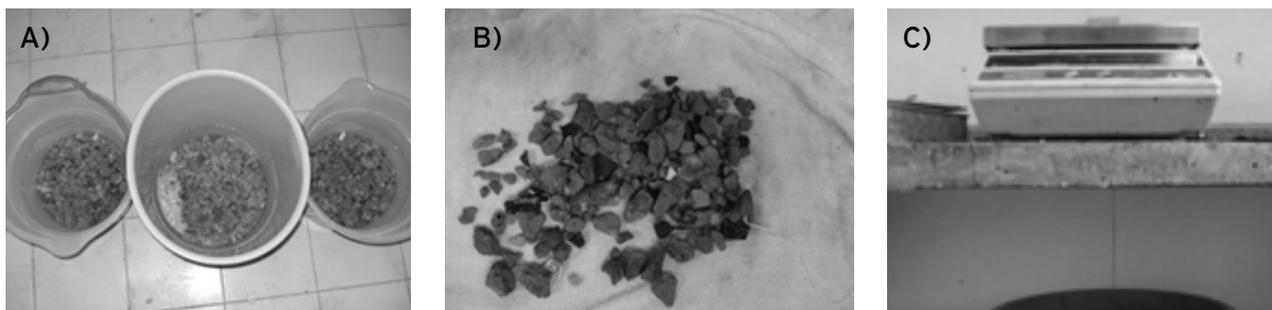


Figura 2.7. Ensaio de absorção e densidade aparente do agregado graúdo de RCD: a) Etapa de saturação 24 horas b) Massa saturada superficialmente seca c) Massa saturada submersa

O cálculo da densidade aparente do agregado graúdo é dado por:

$$D_{ap} = \frac{M_s}{M_{sss} - M_{sub}} \quad (2.3)$$

em que:

D_{ap} = densidade aparente

M_s = massa, ao ar, do agregado seco em estufa

M_{sss} = massa, ao ar, do agregado na condição saturada, superfície seca

M_{sub} = massa submersa do agregado

No caso da fração fina do RCD, dois métodos de ensaio foram utilizados. Para determinar a massa específica foi utilizado o método do frasco Chapman, descrito na norma DNER-ME 194/98. Nesse método, a amostra é formada pelos grãos que passam na peneira de abertura 4.75 mm e ficam retidos na malha de abertura 0.075 mm. O ensaio consiste em colocar uma amostra de 500 g dentro do frasco, o qual contém água destilada, até a marca de 200 cm³. A leitura do nível atingido pela água no gargalo do frasco indica o volume ocupado pelo conjunto água e agregado. O cálculo da massa específica é dado por:

$$\rho = \frac{500}{L - 200} \quad (2.4)$$

com:

ρ = massa específica real do agregado miúdo de RCD

L = leitura no frasco Chapman

2.2.7 Equivalente de areia

Alguns agregados contém certos materiais que os tornam impróprios para utilização em estruturas de pavimentação. Dentro desse grupo de materiais encontram-se vegetação, conchas e grumos de argila presentes sobre a superfície das partículas do agregado graúdo, entre outros (BERNUCCI *et al.*, 2006). No caso do RCD, podem existir partículas de solo que poderiam mudar o comportamento mecânico do material considerado inerte.

O ensaio de equivalente de areia determina a proporção relativa de materiais tipo argila ou pó em amostras de agregados miúdos. Nesse ensaio, uma amostra de agregado com tamanhos de partículas menores do que 4,75 mm, medida em volume numa cápsula padrão, é colocada em uma proveta contendo uma solução de cloreto de cálcio e, após dez minutos sob saturação, a amostra é misturada durante 45 segundos, com a ajuda de um equipamento mecânico. Após tais procedimentos deve-se preencher o conjunto com solução até a marca de 15 in e deixá-lo em repouso por 20 minutos, a fim de permitir a sedimentação e separação entre areia e argila. O procedimento de ensaio se encontra na norma ASTM D2419-09. O equivalente de areia se calcula como:

$$EA = \frac{\textit{leitura de areia}}{\textit{leitura de argila}} \times 100 \quad (2.5)$$

com: EA = equivalente de areia

2.2.8 Índice de forma

A forma das partículas dos agregados influi na trabalhabilidade e resistência ao cisalhamento das misturas asfálticas e muda a energia de compactação necessária para se alcançar certa densidade. A forma das partículas é caracterizada pela determinação do índice de forma (f), calculado como:

$$f = \frac{P_1 + 0.5P_2}{100n} \quad (2.6)$$

sendo:

f = índice de forma

P1 = soma das porcentagens retidas nos crivos I, de todas as frações que compõem a graduação

P2 = soma das porcentagens retidas nos crivos II, de todas as frações que compõem a graduação

n = número de frações que compõem a graduação escolhida

Para começar o ensaio deve-se conhecer a faixa granulométrica na qual o agregado a analisar se enquadra, que no caso particular desta pesquisa é a faixa C, como citado anteriormente. Para essa faixa, usa-se um conjunto de crivos de abertura circular e de crivos redutores definidos na tabela 2.3.

Tabela 2.3. Crivos circulares e redutores utilizados para a faixa granulométrica C (DNER-ME 086/94)

Graduação	Crivos de abertura circular (mm)		Pesos das frações da amostra (g)	Crivos redutores correspondentes (mm)	
	Passando	Retido		Crivo I	Crivo II
C	19.0	16.0	2000	9.5	6.3
	16.0	12.7	2000	8.0	5.3
	12.7	9.5	2000	6.3	4.2

Nesta pesquisa, o ensaio de índice de forma foi realizado antes e após submeter o RCD ao ensaio de compactação com a energia Proctor intermediária. O procedimento adotado encontra-se descrito na norma DNER-ME 086/94.

2.2.9 Durabilidade em sulfato de magnésio

A característica de resistência à desintegração química é quantificada por meio de ensaio que consiste em atacar o agregado com solução saturada de sulfato de magnésio, em cinco ciclos de imersão, com duração de 16 a 18 horas, à temperatura de 21 graus C, seguido de secagem em estufa a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, até atingir peso constante (BERNUCCI *et al.*, 2006). Durante o desenvolvimento da pesquisa, um ensaio de durabilidade com sulfato de magnésio foi efetuado sobre o agregado gráudo e miúdo de RCD. O procedimento adotado para a realização do ensaio encontra-se descrito com detalhe na norma ASTM C88-05.

2.2.10 Resistência ao desgaste por abrasão Los Angeles

Durante o processo construtivo de estradas, os agregados estão sujeitos a quebras e abrasão. A abrasão ocorre também durante a ação do tráfego, devendo os agregados apresentar resistência às quebras, degradação e desintegração (BERNUCCI *et al.*, 2006). No ensaio de resistência à

abrasão Los Angeles sobre o RCD, duas amostras foram testadas: uma com graduação B e outra com graduação C, segundo o procedimento da norma DNER-ME 035/98. Tal procedimento objetiva abranger a totalidade da faixa granulométrica C, definida dentro da pesquisa como a faixa de estudo. O ensaio consiste em colocar uma amostra de agregado com aproximadamente 5 mil g no interior do cilindro de um equipamento padronizado (ver figura 2.8 a), acrescentando-se um número variado de esferas de aço, conforme a granulometria da amostra. As esferas induzem a impactos nas partículas durante as suas revoluções. Após o ensaio (figura 2.8 b), o resultado é avaliado pela redução de massa dos agregados retidos na peneira nº12 (12.7 mm) em relação à massa inicial da amostra especificada (BERNUCCI *et al.*, 2006).

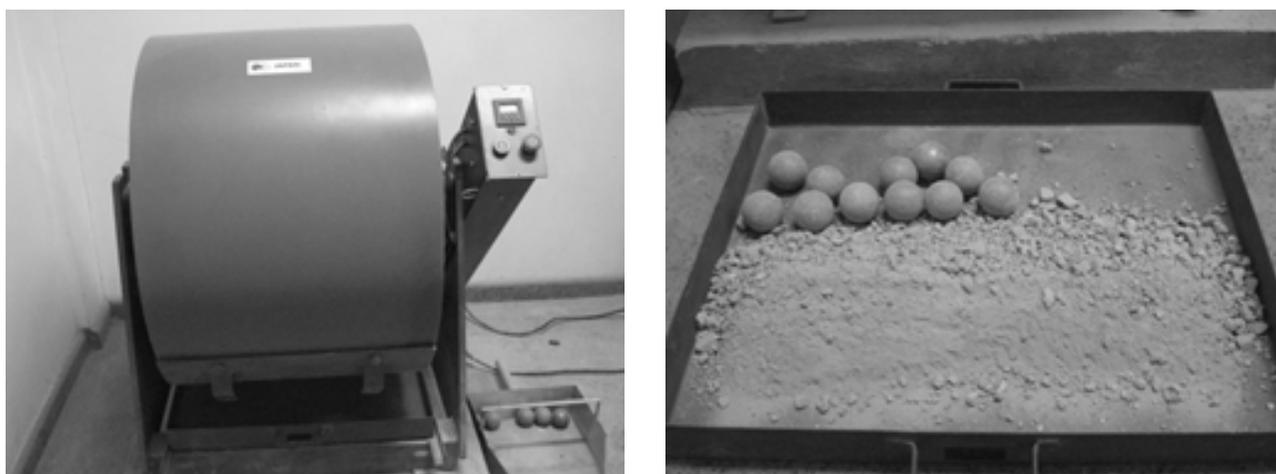


Figura 2.8. Ensaio de abrasão Los Angeles: a) Equipamento b) Amostra após ensaio

2.3 Ensaios de caracterização mecânica

Neste grupo de ensaios encontram-se: compactação Proctor com diferentes energias de compactação, índice de suporte Califórnia (CBR), módulo de resiliência e compressão simples. A descrição da metodologia usada em cada um deles é apresentada nos itens seguintes.

2.3.1 Ensaio de compactação em laboratório

O ensaio de compactação em laboratório é geralmente usado para determinar a umidade ótima e o peso específico aparente seco máximo do material analisado para uma determinada energia de compactação. No caso da pesquisa, além desses dois parâmetros, este ensaio forneceu dados da influência da umidade sobre o RCD quando compactado e da influência da energia de compactação sobre a mudança da curva granulométrica original. Os ensaios de compactação foram feitos em totalidade no Laboratório de Engenharia Rodoviária (LER), com a ajuda de um compactador mecânico

(marca ELE), como apresentado na figura 2.9. A energia de compactação adotada para esta pesquisa corresponde à energia Proctor intermediária estabelecida na norma NBR 7182/86. Para alcançar essa energia, um soquete grande, com uma massa equivalente a 4536 ± 10 g e altura de queda de 452 ± 2 mm, foi utilizado. O corpo de prova foi compactado em um molde metálico de 152 mm de diâmetro e 115 mm de altura. A compactação foi feita em cinco camadas de 26 golpes cada.



Figura 2.9. Compactador mecânico e corpo de prova de RCD após compactação Proctor

2.3.2 Índice de suporte Califórnia (CBR)

O ensaio de CBR foi concebido para avaliar a resistência do material perante deslocamentos significativos impostos por meio de um ensaio de penetração em laboratório. A resistência à penetração do ensaio CBR foi definida com referência num valor padrão equivalente a 100%. A resistência no ensaio CBR é uma resposta que combina indiretamente a coesão com o ângulo de atrito do material. O CBR é expresso em porcentagem, sendo definido como a relação entre a pressão necessária para produzir a penetração de um pistão num corpo de prova de solo ou material granular e a pressão necessária para produzir a mesma penetração no material padrão de referência.

Para fazer a penetração dos corpos de prova utilizou-se uma prensa Contenco (I-1006-F), com capacidade máxima de 50 kN, localizada no laboratório de Geotecnia da UnB. A velocidade de penetração do pistão padrão foi 1.27 mm/min. A figura 2.10 apresenta a prensa usada para todos os ensaios CBR. Os ensaios foram feitos segundo o procedimento da norma ASTM D1883-07. A penetração foi feita por ambas as faces dos corpos de prova a fim de verificar os resultados.

2.3.3 Módulo de resiliência (MR)

Até a década de 70, os métodos de dimensionamento usualmente empregados no Brasil caracterizavam-se por focar, basicamente, a capacidade de suporte dos pavimentos em termos de ruptura plástica sob carregamento estático, retratada por meio do valor de CBR. No entanto, observa-se que boa parte da malha rodoviária vinha apresentando uma deterioração prematura, que era atribuída à fadiga dos materiais, gerada pela contínua solitação dinâmica do tráfego atuante.

A resposta resiliente dos materiais granulares se obtém usualmente pelo módulo de resiliência. Para ensaios triaxiais cíclicos, com tensão confinante constante, o módulo de resiliência se define como a relação entre a tensão desvio aplicada repetidamente e a deformação axial recuperável da amostra.



Figura 2.10. Equipamento usado na penetração do ensaio CBR sobre RCD

$$MR = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{\epsilon_1} \quad (2.7)$$

em que:

MR = módulo de resiliência

σ_1 = tensão principal maior ou tensão axial

σ_3 = tensão principal menor ou tensão confinante

ϵ_1 = deformação axial resiliente, correspondente a um número particular de repetição da tensão-desvio

Os ensaios do módulo de resiliência foram feitos sobre corpos de prova cilíndricos de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura em uma prensa triaxial cíclica da ELE/IPC Global (figura 2.11 a). Os procedimentos adotados para a realização dos ensaios encontram-se descritos de forma detalhada na norma AASHTO T307 - 99. A compactação dos corpos de prova foi feita com energia intermediária em um molde metálico tripartido. Para garantir a energia de compactação, todos os corpos de prova foram compactados em três camadas de 32 golpes cada, em umidade ótima teórica de 13% e peso específico aparente seco médio de 17.5 kN/m³.

O ensaio começa com o pré-condicionamento da amostra mediante a aplicação 500 repetições de uma tensão desvio de 103.4 kPa. O tipo de onda utilizado é Haversine. Começa então uma

sequência de carregamentos aplicados em estágios, de forma que tanto a tensão de confinamento (σ_3) quanto a tensão desvio (σ_d) sejam variáveis. Inicialmente, a tensão confinante é definida e a tensão desvio é aumentada. Num segundo momento, a tensão de confinamento é incrementada e a tensão desvio varia. Os valores de módulo de resiliência são calculados para uma tensão desvio e uma tensão confinante específicas.

2.3.4 Resistência à compressão não confinada ou simples (RCS)

O ensaio de compressão não confinada é um tipo especial de ensaio não adensado e não drenado, feito normalmente para argilas, com a pressão de confinamento σ_3 igual a zero. Uma carga axial é aplicada a uma velocidade de 2 mm/min num corpo de prova para causar ruptura. No momento da ruptura, a tensão principal menor total é zero e a tensão vertical será a tensão principal maior σ_1 . Ensaios de compressão simples sobre amostras cilíndricas de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura foram feitos. Os corpos de prova testados passaram primeiro por ensaios de módulo de resiliência



Figura 2.11. Equipamentos: a) Prensa triaxial cíclica b) Prensa para compressão simples

e, a seguir, foram levados até a ruptura na compressão não confinada. Uma prensa Contenco (I-1006-F), com capacidade máxima de 50 kN, localizada no laboratório de Geotecnia da UnB, foi adaptada e utilizada na execução dos ensaios (figura 2.11 b). Os corpos de prova tinham diferentes períodos de cura, sendo eles: imediato, 1, 7, 15, 30, 60 e 90 dias. O procedimento de ensaio encontra-se descrito de forma detalhada na norma ASTM D2166-06.

2.3.5 Determinação de atividade pozolânica com cimento Portland

Os materiais pozolânicos são materiais silicosos ou silicoaluminosos que, por si sós, possuem pouca ou nenhuma atividade aglomerante, mas que, quando finamente divididos e na presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente para formar compostos com propriedades aglomerantes. Existem dois grupos de materiais pozolânicos:

- As pozolanas naturais são de origem vulcânica, geralmente de caráter petrográfico ácido (- 65% de SiO_2) ou de origem sedimentar, com atividade pozolânica;
- As pozolanas artificiais se originam de tratamentos térmicos ou subprodutos industriais com atividades pozolânicas. Dentro deste grupo se encontram: argilas

calcinadas, cinzas volantes, escórias siderúrgicas ácidas, cinzas de resíduos vegetais, rejeito de carvão mineral, entre outros.

A atividade pozolânica das amostras do material foi determinada pelo índice de atividade pozolânica com cimento Portland, de acordo com a Norma NBR-5752/92. Os ensaios foram feitos no laboratório de Furnas.

Para a realização dos ensaios mecânicos, foram preparadas argamassas com dois traços diferentes. A argamassa de controle deve conter somente uma areia padrão e cimento Portland, com um traço 1:3 (uma parte de cimento e três partes de areia). Para a argamassa com o resíduo de interesse, foi incorporado teor de 35% de RCD em substituição à parte do aglomerante (cimento). Os corpos de prova foram moldados utilizando-se moldes cilíndricos com dimensões de 50 x 100 mm (diâmetro, altura), conforme a NBR-7215/97.

Após a moldagem, os corpos de prova foram mantidos nos respectivos moldes e colocados em câmara úmida à temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$, durante as primeiras 24 horas. Após este período, os corpos de prova foram desmoldados e colocados em recipientes herméticos para assegurar uma temperatura de $38 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 27 dias. Completada a cura, os corpos de prova foram retirados do reservatório e submetidos a ensaios de resistência à compressão não confinada, segundo a norma NBR-7215/97, sendo o resultado apresentado em MPa.

2.4 Avaliação da quebra de grãos do RCD

Dois métodos foram empregados na avaliação da quebra de grãos. O primeiro é o método descrito na norma DNER-ME 398/99. Esse método fornece o índice de degradação ID_p , que tem como objetivo analisar o comportamento do material em função do desgaste sofrido durante a compactação Proctor. Ensaios de granulometria foram feitos sobre o RCD antes e após os ensaios de compactação, CBR e módulo de resiliência.

O índice ID_p é estabelecido para agregados de rochas naturais e consiste em determinar o deslocamento médio da curva granulométrica da amostra degradada pelo ensaio de compactação, em relação à amostra inicial. É um parâmetro para avaliação laboratorial do desempenho de materiais compactados (Oliveira, 2007). O valor limite sugerido pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) é de 6%, tendo como referência as rochas naturais. Outra forma de avaliar a quebra dos grãos do material foi mediante o parâmetro B_g , proposto por Marsal (1975), no qual é utilizado o material que fica retido entre duas peneiras, diferentemente do método Dener.

2.5 Ganho de resistência por cimetação dos RCD

Como apresentado no capítulo dois, diversas pesquisas têm mostrado a possibilidade de ganho de resistência para os RCD e os agregados reciclados de concreto (RCA). Isso se deve à capacidade reativa das partículas cimentícias em presença de água. Para verificar a ocorrência desse comportamento nos resíduos provenientes do Mané Garrincha, foram realizados ensaios de módulo de resiliência e compressão não confinada com diferentes períodos de cura (imediate, 1, 7, 15, 30, 60 e 90 dias).

Os corpos de prova foram compactados segundo o descrito no ensaio de MR e envolvidos em papel-filme, sendo colocados posteriormente em tubos de PVC de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura e envolvidos novamente em papel-filme. Os corpos de prova foram colocados sobre uma grade em um tanque com água em nível inferior ao da grade, visando a evitar a perda de umidade dos corpos de prova. A temperatura da sala de armazenagem foi de aproximadamente 25 graus C durante todo o processo de cura.

3. Resultados e Discussões

Neste capítulo serão apresentados os resultados das caracterizações físicas e mecânicas realizadas sobre o agregado reciclado de RCD. Os valores obtidos foram comparados com as normas e especificações que atualmente involucram o uso destes resíduos em obras de infraestrutura.

3.1 Materiais constituintes do RCD

Para quantificar os materiais que compõem o RCD proveniente do estádio Mané Garrincha, dois procedimentos foram realizados. O primeiro no plano macro, considerando a amostra total usada na pesquisa - 1.600 kg de material. O segundo processo foi realizado em escala menor, considerando uma amostra de RCD de 13 kg.

No primeiro nível o material é composto por materiais que são inclusos na classe A da resolução Conama 307/2002 - brita, concreto, argamassa, telha e tijolo - além de madeira, plástico e metal, considerados contaminantes. Na figura 3.1 percebe-se que a maior parte do material é composto pelo RCD, correspondendo a mais de 99% do total. A parcela composta por materiais contaminantes é formada por madeira, plástico e metal e constitui apenas 0,56% da amostra. Segundo a norma NBR 15115/04, materiais indesejáveis mistos não podem ser usados na construção de bases granulares, podendo estar presentes no resíduo de construção e demolição sempre que a quantidade total for menor que 3%. Assim, o resultado obtido para a amostra total se enquadrou no valor especificado pela norma.

Na segunda etapa foram considerados materiais cimentícios (concreto e argamassa), materiais pétreos (britas e seixos rolados), cerâmicas vermelhas (telha e tijolo), cerâmicas brancas (azulejos e pisos) contrapisos, materiais contaminantes (telhas de amianto, gesso, madeira, aço e arame) e materiais finos menores que 4.75 mm. A representação gráfica do ensaio é apresentada na figura 3.2. Nessa figura é possível observar que os materiais cimentícios (concreto e argamassa) fazem a maior contribuição na composição do RCD, chegando a 41 %, seguido da brita e seixo rolado, com 14 %, e, em menor porcentagem, encontram-se os materiais cerâmicos vermelhos e contrapisos, com aproximadamente 1 % cada, e as cerâmicas brancas, com 0,3 %. A porcentagem de materiais contaminantes foi de 0,002 %. Vale ressaltar que dentro do material contaminante quantificado não foram encontrados amianto nem gesso.

A norma NBR 15116/04 apresenta um procedimento para classificar o RCD em agregado de resíduo de concreto (ARC) e agregado de resíduo misto (ARM), considerando apenas o material retido na peneira nº 4 (4,75 mm). No primeiro caso, a quantidade de materiais cimentícios (G1) e pétreos (G2) deve ser maior ou igual a 90 %. No segundo, esta quantidade deve ser menor que 90 %. A tabela 3.2 apresenta as porcentagens de cada material considerado na referida norma.

A porcentagem de fragmentos à base de cimento e rochas presente nos RCD analisados na pesquisa é de 96 %, sendo classificado como um agregado reciclado de concreto (ARC).

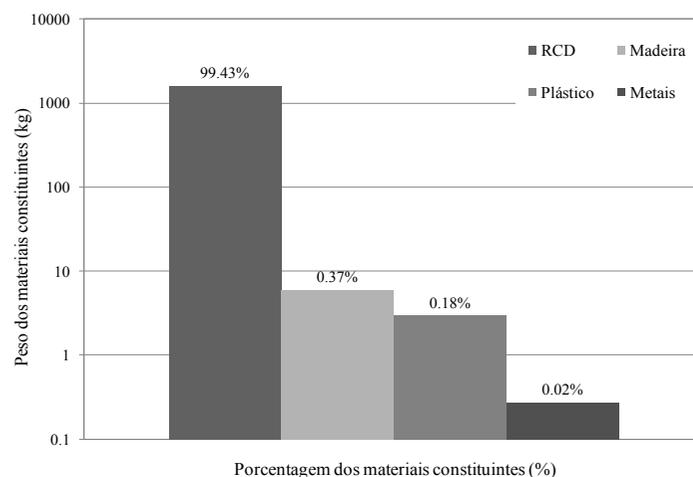


Figura 3.1. Composição da amostra total de resíduo usada na pesquisa

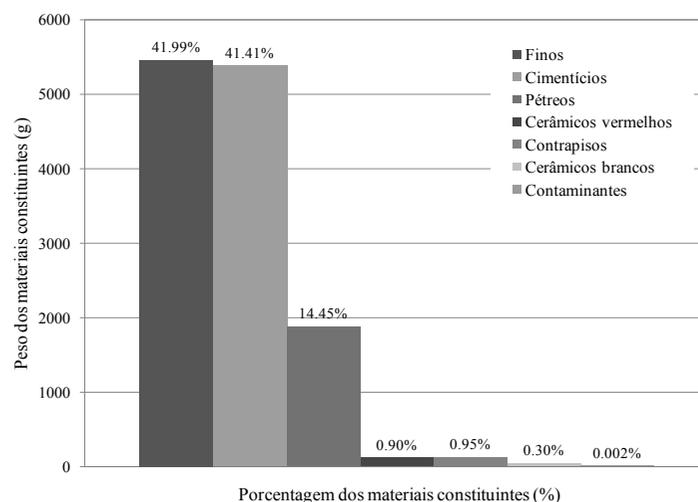


Figura 3.2. Materiais que compõem o RCD segundo a sua natureza

Tabela 3.1. Classificação do RCD analisado segundo a norma NBR 15116/04

Unidades	G1	G2	G3		G4	Total	
	Cimentício	Pétreo	Cerâmicas vermelhas	Contrapisos	Cerâmicas brancas	Contaminantes	
(g)	5382.4	1878.1	117.0	123.2	39.5	0.2	7540.2
(%)	71.0	25.0	2.0	2.0	1.0	0.003	100.0

3.2 Distribuição granulométrica do RCD

Como foi apresentado no capítulo dois, a granulometria do material após a segunda britagem mostrou que o agregado reciclado de RCD poderia ser enquadrado na faixa granulométrica "C", descrita na norma DNER ES 303/97. A figura 3.3 apresenta uma curva granulométrica média correspondente ao agregado reciclado (RCD original). Essa curva é bem graduada, não uniforme, com coeficiente de uniformidade $C_u = 49$ e coeficiente de curvatura $C_c = 3$. A porcentagem de material que passa pela peneira 0.42 mm (n°40) é 16%.

Tendo em conta a expectativa de quebra dos grãos, decidiu-se utilizar uma curva granulométrica no limite inferior da faixa C da norma DNER-ES 303/97. Essa curva é mostrada na figura 3.3 com a denominação RCD analisado. A curva RCD analisado é bem graduada, não uniforme, com coeficiente de uniformidade $C_u = 61$ e coeficiente de curvatura $C_c = 5$. O material passante na peneira n°40 corresponde a 15%. Segundo a norma NBR 15115/04, os agregados reciclados de resíduos de construção civil devem apresentar valores de coeficiente de uniformidade $C_u \geq 10$ e uma porcentagem passante na peneira n°40 (0.42 mm) entre 10 % e 40 %. O RCD em análise atende a esses valores, sendo apropriado para uso em camadas de base.

A classificação textural do agregado reciclado de RCD foi gerada a partir da curva granulométrica. No caso do RCD original, a textura predominante é o pedregulho fino (54%), seguido de uma fração arenosa de 41%. Para o RCD analisado, a fração composta por pedregulho fino aumenta para 65% e a fração total de areia é de 30%.

Para avaliar a quantidade de finos menores que 0.075 mm lavaram-se as frações graúdas e miúdas do RCD sobre a peneira n° 200, segundo o recomendado na norma DNER-ME 266/97. O resultado obtido foi de

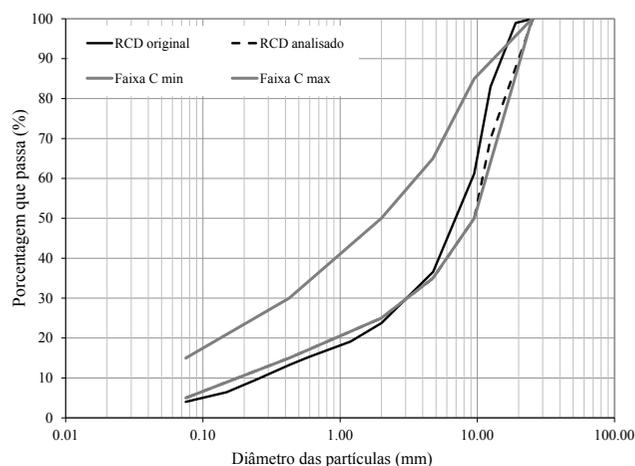


Figura 3.3. Curva granulométrica do agregado reciclado de RCD

3% para a fração graúda e de 12% para a fração fina. A norma NBR 15116/04, dentro dos requerimentos estabelecidos para agregados reciclados, define que o teor de material fino passante na malha 0.075 mm deve ser menor ou igual a 10 % para a fração grossa e menor ou igual que 15 % para a fina. O RCD usado na pesquisa satisfaz a esses requerimentos.

3.3 Limites de Atterberg

Os ensaios de limites de consistência ou limites de Atterberg foram feitos com três amostras de RCD para a fração passante na peneira nº 40. A norma BS 1377-2/90 foi empregada para a obtenção do limite de liquidez (LL). A umidade média obtida nos três ensaios por regressão linear para uma penetração de 20 mm foi de 32%. A figura 3.4 é a representação gráfica dos ensaios de limite de liquidez feitos sobre o RCD analisado.

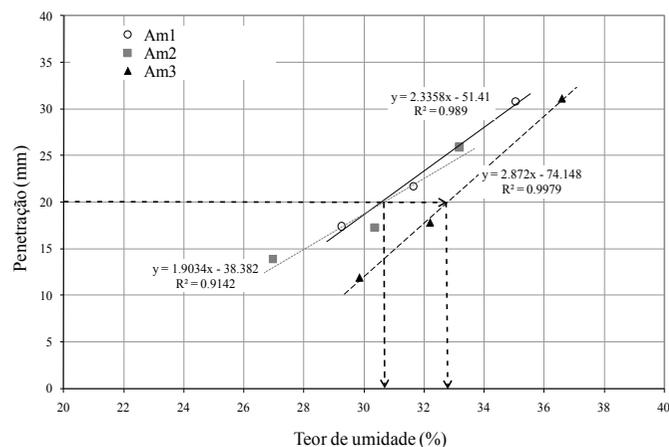


Figura 3.4. Ensaio de limite de liquidez por cone de penetração

O ensaio de limite de plasticidade (LP) sobre as mesmas amostras foi feito segundo o procedimento da norma DNER-ME 082/94. O resultado do ensaio não foi definido. Portanto, o material é classificado como não plástico (NP). Segundo a norma NBR EB-2103/91, quando os valores obtidos para LL e IP ultrapassam 25 % e 6 %, respectivamente, o ensaio de equivalente de areia deverá ser feito e deverá ter um valor superior a 30%. Sendo esse o caso do material testado, o resultado do equivalente de areia será apresentado a seguir.

3.4 Equivalente de areia (EA)

Para garantir a repetibilidade do ensaio, três testes completos (4 determinações de EA por ensaio) foram feitos, e na tabela 3.2 são apresentados os valores médios obtidos para cada ensaio.

Tabela 3.2. Resultado do ensaio de equivalente de areia para o agregado reciclado de RCD

Ensaio	Massa RCD (g)	Leitura de argila (mm)	Leitura de areia (mm)	Equivalente de areia (%)
1	110	128.9	97	75
2	110	128.3	91	71
3	110	127.0	93	74

Na tabela 3.2 é possível observar que o valor médio de EA é superior a 70%, o que indica baixo conteúdo de material argiloso, satisfazendo a exigência da norma NBR EB-2103/91.

3.5 Absorção do agregado reciclado de RCD

O teor médio de absorção de água obtido para a fração graúda do RCD foi de 7.7 %. Diferentes pesquisadores têm estudado esta propriedade. A tabela 3.3 apresenta alguns resultados de teor de absorção encontrados em outras pesquisas com agregados reciclados. Os resultados apresentados nessa tabela exibem uma variação significativa. Isso se deve à diferença em composição (heterogeneidade) dos agregados reciclados avaliados. Também é possível observar que os resultados mais próximos ao valor de absorção da presente pesquisa (7.67%) foram obtidos por Motta (7.80%) e Carneiro (8.20%).

Motta (2005) verificou que os teores de absorção em britas são inferiores a 2%. É possível dizer que o agregado reciclado é mais poroso que o agregado natural e, portanto, a quantidade de água que deve ser adicionada para a compactação deve ser maior que a dos materiais pétreos convencionais. Por outro lado, a norma NBR 15116/04 considera que a absorção do agregado reciclado graúdo, destinado ao preparo de concreto sem função estrutural, deve ser menor ou igual a 7%, mas não há limite quando o agregado for usado na pavimentação. Isso não descarta a possibilidade de uso do RCD da pesquisa como material de base.

Tabela 3.3. Teores de absorção encontrados em diferentes pesquisas com RCD

Tipo de agregado reciclado	Procedência	Teor de absorção (%)	Autor
NE*	Porto Alegre	4.95	Leite (2001)
NE*	Salvador (BA)	8.20	Carneiro <i>et al</i> (2001)
RCA**	São Paulo	7.80	Motta (2005)
RCA**	Hong Kong	3.17 ^a	Poon <i>et al</i> (2006)
RCA**	Grécia	3.00	Oikonomou (2005)
RCA**	Hong Kong	8.93	Tam <i>et al.</i> (2008)
ARC**	Brasília	7.67	Esta pesquisa

*NE: Não especificado

**RCA-ARC: Agregado reciclado de concreto

^a amostra com tamanho menor que 0.42 mm

3.6 Massa específica e densidade dos agregados graúdos e miúdos que compõem o RCD

É consenso que tanto a massa específica quanto a massa unitária dos agregados reciclados geralmente apresentam valores um pouco menores que os apresentados pelos agregados naturais correntemente utilizados na produção de concretos (Leite, 2001). Três ensaios para cada fração (graúda ou miúda) de RCD foram realizados. Os ensaios para a determinação da densidade do agregado graúdo foram feitos mediante a norma DNER-ME 081/98, e do agregado miúdo mediante a norma DNER-ME 084/95. Finalmente, as massas específicas dos agregados graúdo e miúdo foram obtidas segundo os procedimentos das normas DNER-ME 195/97 e DNER-ME 194/98, respectivamente. A tabela 3.4 apresenta os resultados de densidade e massa específica para os agregados graúdos e miúdos que compõem o RCD e o valor desses parâmetros obtidos mediante cálculo da média ponderada, considerando a composição granulométrica do material.

Tabela 3.4 Densidade e massa específica do RCD

Agregado	Densidade das partículas sólidas (Gs)	Massa específica aparente r (g/cm ³)
Graúdo	2.14	2.14
Miúdo	2.73	2.38
Média ponderada para RCD*	2.35	2.22

* Média segundo a composição granulométrica (65% agregado graúdo, 35% agregado miúdo)

Segundo Leite (2001), os resultados de massa específica encontrados na bibliografia são muito variáveis, mesmo para materiais com composição parecida. Este fato pode ser atribuído à própria composição do material, ao tipo de beneficiamento realizado ou à granulometria, entre outros fatores que podem interferir na densidade dos agregados reciclados. Outro ponto a considerar é o método utilizado na determinação destas propriedades.

3.7 Índice de forma

O ensaio de índice de forma se fez segundo o procedimento na norma DNER-ME 086/94. O resultado do ensaio foi obtido em duas amostras, uma antes de compactação e outra após a compactação, ambas com energia Proctor intermediária. A graduação definida para a obtenção do índice de forma para ambas as amostras é a faixa C. Antes da compactação, o valor de índice de forma foi $f = 0.9$, e após a compactação o valor caiu para $f = 0.8$. Embora o material apresente um valor menor, pode-se concluir que o RCD em análise tem uma cubicidade muito boa. Segundo Bernucci *et al.* (2006), o limite superior para o índice avaliado é $f = 1.0$, quando o material possui uma ótima cubicidade, e $f = 0.0$ quando o material é lamelar. O valor de aceitação para agregados quanto à forma é $f = 0.5$, valor superado pelo RCD usado na pesquisa.

3.8 Durabilidade em sulfato de magnésio

O ensaio de sanidade em sulfato de magnésio foi realizado conforme a norma ASTM C88 - 05, com duas frações de RCD. A parte graúda engloba grãos entre 37,5 mm e 4,75 mm, e a miúda, de 4,75 mm até 0,3 mm. O resultado do ensaio foi obtido após cinco ciclos de molhagem e secagem em sulfato de magnésio para as duas frações de agregado reciclado de RCD. A fração graúda teve um desgaste de 6,4%, e a fração miúda, de 11,2%. Segundo a norma ASTM C88 - 05, deve ser feita uma avaliação qualitativa sobre a fração graúda. Durante a realização do ensaio ficou evidente que as partículas entre 25,4 mm e 19,0 mm, compostas por cerâmicas vermelhas, apresentaram, a partir do terceiro ciclo, um desgaste em forma lamelar. Durante a lavagem final as partículas afetadas sofreram desintegração total.

O valor da durabilidade em sulfato de magnésio obtido para o agregado graúdo de RCD (6%) satisfaz o valor de 30% requerido na norma NBR EB-2105/91. Para o agregado miúdo não há referência de valor mínimo ou máximo.

3.9 Resistência ao desgaste por abrasão Los Angeles

O ensaio de abrasão Los Angeles foi realizado de acordo o procedimento da norma DNER-ME035/98, utilizando as graduações B e C da especificação. Para cada graduação foram realizados três ensaios e a média é apresentada na tabela 3.5.

Tabela 3.5. Ensaio de desgaste por abrasão Los Angeles com RCD

Amostra	Graduação	Ciclos	Esferas	Peso inicial da amostra (g)	Abrasão (%)
1	B	500	11	5000	35
2	C	500	8	5000	38

Os valores de desgaste obtidos para o RCD, em ambas as graduações, cumprem o requerimento da norma NBR EB-2103/91, segundo a qual os materiais para sub-base ou base de pavimentos estabilizados granulometricamente devem apresentar uma perda por abrasão Los Angeles inferior a 55%. As normas NBR 15115 e 15116 (2004) não fazem alusão a valor ou faixa de valores limites para esse ensaio.

3.10 Ensaio de compactação em laboratório

Devido à compactação do material, a avaliação do comportamento do agregado reciclado de RCD foi feita mediante o ensaio de compactação, utilizando a energia Proctor intermediária, uma vez que os materiais usados para as bases rodoviárias são compactados com essa energia. Foram

feitos três ensaios de compactação, seguindo o procedimento da norma NBR 7182. Para definir a umidade inicial do ensaio de compactação foi considerado o valor de absorção (7.7%) obtido para o agregado graúdo de RCD, a fim de garantir o completo umedecimento do material antes da compactação. Decidiu-se então começar o ensaio de compactação com uma umidade dois pontos abaixo do valor de absorção, 6%, e fazer incrementos de dois em dois pontos até 16%. Acima desta umidade o material apresentou sinais de saturação. As amostras foram compactadas 24 horas após do umedecimento do material.

3.10.1 Compactação com energia proctor intermediária

As três curvas obtidas com energia intermediária apresentam forma e comportamento similares aos pesos específicos numa faixa de valores entre 17.0 kN/m³ e 17.9 kN/m³. As variações dos valores de peso específico entre um teor de umidade e outro não são muito grandes, como pode ser observado na figura 3.5. Observa-se um pequeno pico quando a umidade chega perto de 15%, sugerindo um peso específico seco máximo. No entanto, nesse teor de umidade o material apresentava água em excesso, fazendo com que os finos presentes na amostra aderissem ao agregado graúdo. Observou-se que o melhor comportamento da amostra compactada ocorreu quando o teor de umidade estava perto de 13%, chegando a um peso específico seco de 17,5 kN/m³.

Na figura 3.5 é possível observar que, para um teor de umidade superior a 20%, ocorre uma queda no valor do peso específico aparente seco (γ_d), como esperado quando os materiais encontram-se no ramo úmido. Os índices de vazios calculados para os diferentes pontos obtidos na compactação com energia intermediária não apresentaram variações significativas, sendo $e_{min} = 0,27$ correspondente a um peso específico aparente seco de 17,5 kN/m³.

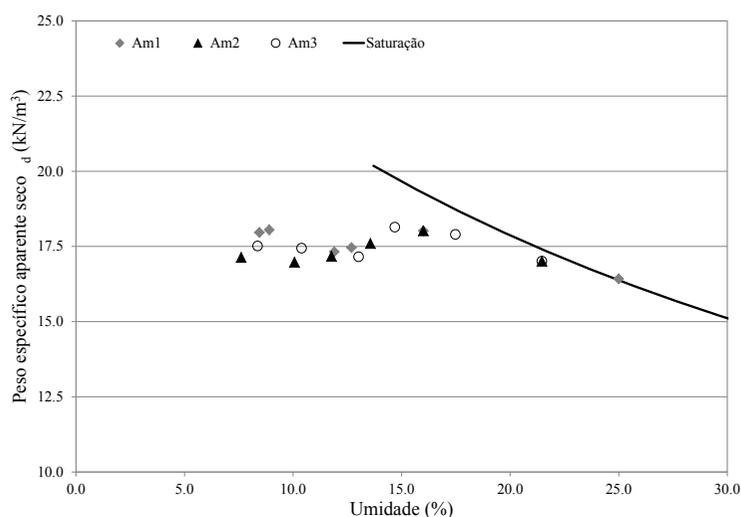


Figura 3.5. Curvas de compactação do RCD obtidas com energia Proctor intermediária

Considerando os dados obtidos com a energia intermediária, foi realizada uma análise de variância simples. Observou-se que a função Fischer ($F=0.719$) apresentava um valor menor que 1 e que o valor crítico esperado, o que indica a boa repetibilidade do ensaio. Também indica que a hipótese adotada pode ser aceita, uma vez que as médias amostrais são significativamente similares. A tabela 3.6 apresenta os resultados obtidos mediante a análise de variância simples (Anova).

Tabela 3.6. Resultado da análise de variância simples (Anova) para a energia intermediária

RESUMO

Grupos	Contagem	Soma	Média (kN/m ³)	Variância	Desvio padrão
Amostra 1	7	118.501	16.9	2.936	1.713
Amostra 2	7	121.201	17.3	0.140	0.374
Amostra 3	7	123.164	17.6	0.189	0.435

ANOVA

Fonte da variação	Soma dos quadrados (SQ)	Graus de liberdade (gl)	Média dos quadrados (MQ)	F	Probabilidade	Valor crítico F
Entre grupos	1.566	2	0.783	0.719	0.501	3.555
Dentro dos grupos	19.591	18	1.088			
Total	21.157	20				

Os resultados da compactação mostram que a água usada na compactação não influencia o comportamento do material durante o ensaio, mas funciona como agente lubrificante para favorecer a acomodação das partículas maiores.

Considerando o comportamento que o material apresentou durante os ensaios de compactação, observou-se que a água atua como lubrificante das partículas, permitindo uma melhor acomodação entre elas, porém não afeta a densidade aparente seca do material.

O melhor comportamento do agregado reciclado foi observado com um teor de umidade de 13%, sendo este adotado como valor ótimo, e foi utilizado então na compactação dos corpos de prova de CBR e módulo de resiliência.

Diversos trabalhos foram consultados a fim de fazer uma comparação com os valores obtidos em outras pesquisas similares. Contudo, a variabilidade nos valores de umidade ótima, peso específico aparente seco e formato da curva de compactação foram muito grandes. Essas diferenças são possíveis porque diversos fatores determinam o comportamento do agregado reciclado. Esses fatores são: a origem do RCD, a sua composição, granulometria, energia de compactação, quantidade de água utilizada para compactação, entre outros. A tabela 3.7 apresenta valores de umidade ótima e pesos específicos aparentes obtidos em pesquisas usando agregados reciclados.

Tabela 3.7. Umidade ótima e peso específico aparente seco máximo em diferentes RCD

Tipo de agregado reciclado	Procedência	Energia Proctor de Compactação	w _{ot} (%)	g _d (kN/m ³)	Autor
RCA*	Suécia	Modificada	9.0	20.0	Arm, (2001)
RCA	Coreia do Sul	Modificada	9.0-13.0	18.1-22.1	Park, (2003)

Tipo de agregado reciclado	Procedência	Energia Proctor de Compactação	w _{ot} (%)	g _d (kN/m ³)	Autor
AR** misto	Brasília (Brasil)	Normal	13.5	18.1	Motta & Fernandes (2003)
		Intermediária	16.5	18.2	
		Modificada	12.5	18.4	
ARC	Belo Horizonte (Brasil)	Intermediária	15.0	18.2	Fernandes (2004)
AR Misto		Intermediária	17.0	17.6	
AR cerâmico	Goiânia (Brasil)	Intermediária	20.8	15.8	Oliveira <i>et al.</i> , (2005)
AR concreto		Intermediária	14.5	18.4	
ARCV***	Uberlândia (Brasil)	Intermediária	19	15.6	Dias <i>et al.</i> , (2006)
ARCV		Intermediária	21	16.1	
RCA	São Paulo (Brasil)	Modificada	13.5	17.6	Leite <i>et al.</i> , (2011)
		Intermediária	14.5	18.3	

*RCA: Agregado reciclado de concreto. **AR: Agregado reciclado.*** ARCV: Agregado reciclado de telha cerâmica vermelha.

3.11 Índice de suporte Califórnia (CBR)

Foram realizados ensaio de CBR, com e sem imersão, para amostras de RCD compactadas na energia intermediária. As normas brasileiras NBR 15115 e 15116 dispõem que, para agregados reciclados, o valor de CBR para material de base deve ser maior que 60% quando usada a energia intermediária. Esse valor de referência é amplamente superado pelo RCD em análise, já que para o CBR sem imersão o valor médio obtido foi de 95% e para o CBR com imersão o valor médio foi de 114%. A expansão dos ensaios com imersão foi nula em todos os casos. A figura 3.6 apresenta os resultados obtidos para todos os ensaios CBR. Ao se comparar os valores do CBR sem e com imersão observa-se, para os corpos de prova com imersão, que os valores médios do CBR são 22% superiores aos sem imersão. Os parâmetros de expansão (nula) e CBR do agregado reciclado do RCD avaliado nesta pesquisa apresentam valores bastante satisfatórios para emprego em camadas de base de pavimentos flexíveis.

Como critério de comparação, foram usados alguns trabalhos desenvolvidos no Brasil com agregados reciclados. Contudo, esses estudos consideram mistura em diferentes proporções de solos lateríticos ou elementos estabilizadores, como cal ou cimento, para as suas análises. Carneiro *et al.* (2001), Oliveira *et al.* (2005) e Leite (2006) mostraram que os valores de CBR obtidos com agregados reciclados variam entre 80% e 115%. Conforme descrito anteriormente, os valores de CBR desta pesquisa se enquadraram no intervalo de valores obtidos pelos diversos autores citados e podem ser considerados satisfatórios para a construção de camadas de base para pavimentos

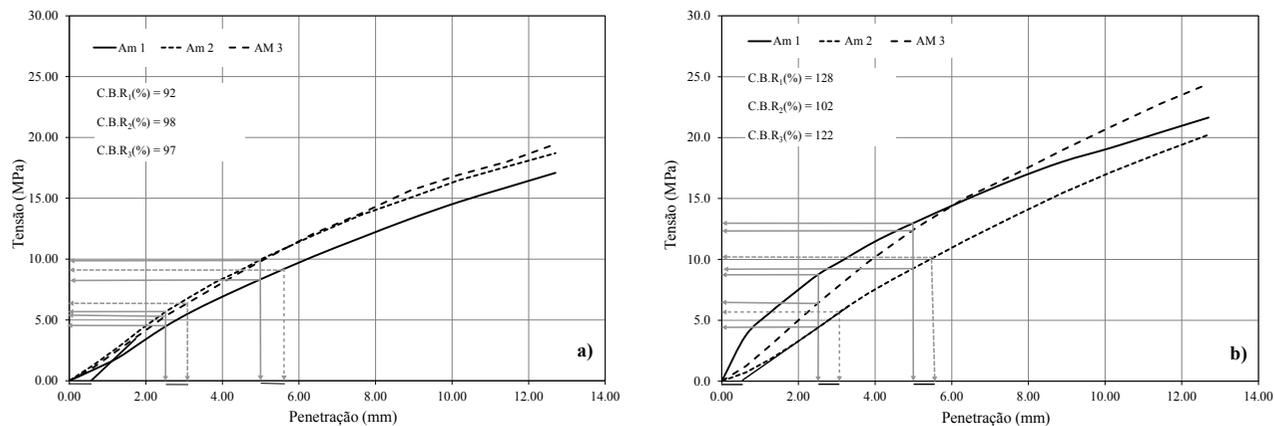


Figura 3.6. Valores de CBR para energia intermediária: a) sem imersão b) com imersão

flexíveis. Apesar de a recomendação das normas NBR 15115 e 15116 ser não usar o agregado reciclado em vias com alto volume de tráfego ($N > 10^6$), o material empregado nesta pesquisa poderia ser usado para esta condição, uma vez que o parâmetro CBR obtido para energia intermediária supera amplamente os 60% recomendados.

3.12 Ensaio triaxial cíclico e obtenção de módulo de resiliência (MR)

Os valores de módulo de resiliência experimentais foram calculados fazendo uma média dos últimos cinco ciclos de cada sequência de carregamento e foram fornecidos pelo programa de aquisição de dados da prensa triaxial cíclica utilizada. Os valores mínimos encontram-se num intervalo entre 70 e 250 MPa e os valores máximos variam de 300 a 600 MPa. Dentro desses intervalos, os valores inferiores foram obtidos para os períodos de cura imediato ou nas primeiras 24 horas (1 dia). Os valores médios estão entre 180 e 420 MPa. A figura 3.7 apresenta os valores de MR mínimos, máximos e médios, obtidos durante o ensaio triaxial cíclico, para corpos de prova submetidos a diferentes períodos de cura.

A figura 3.7 mostra que entre zero e sete dias o módulo de resiliência aumenta consideravelmente, passando de um valor médio de 172 MPa, na condição imediata, para 300 MPa, com 1 dia de cura, e para 426 MPa, em 7 dias. Houve uma queda inesperada no valor de MR para 15 dias. Após

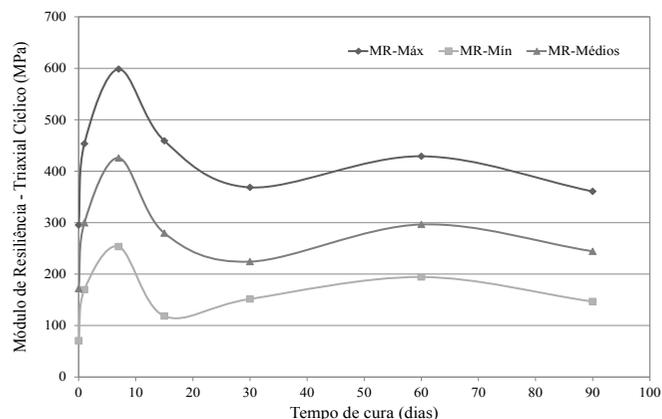


Figura 3.7. Variabilidade dos valores de módulo de resiliência ao longo do tempo

este período de cura, o módulo apresenta valores mais ou menos próximos, indicado um processo de estabilização.

A autora não tem uma explicação racional para este comportamento, restando apenas a hipótese de algum erro na realização do ensaio. Entretanto, para os demais períodos de cura (≥ 30 dias) houve uma elevação não desejada no nível de água no tanque de cura, implicando na inundação do terço inferior dos corpos de prova. Isso pode explicar a queda de MR para os períodos de 30, 60 e 90 dias.

Os módulos de resiliência variaram conforme as tensões de confinamento e desvio foram aplicadas. A figura 3.8 apresenta a mudança do MR imediatamente após a compactação (0 dia de cura). Observa-se que o módulo de resiliência cresce proporcionalmente à tensão confinante e ao incremento da tensão desvio. A mesma tendência foi comprovada para os períodos de cura correspondentes a 1, 7, 15, 30, 60 e 90 dias de cura.

Espera-se que, em materiais granulares, o módulo de resiliência decresça com o incremento da tensão desvio. Não obstante, as diferentes pesquisas desenvolvidas com agregados reciclados (Arm, 2001; Motta & Fernandes, 2003; Fernandes, 2004; Motta, 2005) apresentam módulos de resiliência crescentes com o aumento da tensão desvio. Isso poderia estar relacionado com o aumento de rigidez, provocado pela quebra das partículas geradas durante a compactação.

O modelo constitutivo misto foi usado na predição dos valores do módulo de resiliência para o agregado reciclado de RCD estudado nesta pesquisa. Esse modelo depende da tensão de confinamento (σ_3) e da tensão desvio (σ_d).

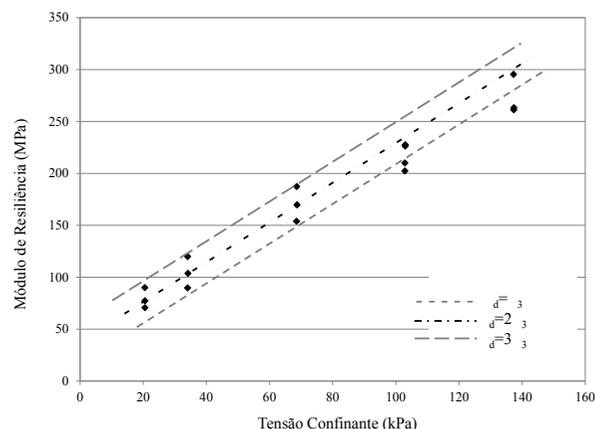


Figura 3.8. Variação do módulo de resiliência com a tensão confinante, após compactação

$$MR = k_1 \sigma_3^{k_2} \sigma_d^{k_3} \quad (3.1)$$

Com:

MR = módulo de resiliência

σ_3 = tensão confinante

σ_d = tensão desvio ($\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_3$)

σ_1 = tensão principal maior

σ_3 = tensão principal menor

k_1 , k_2 e k_3 = coeficientes de regressão

A relação entre os valores dos módulos de resiliência experimentais e os obtidos pelo modelo misto é apresentada na figura 3.9. Nessa figura, observa-se que a dispersão ao redor da curva de regressão proposta é muito pequena, o que fornece um coeficiente de correlação igual a 0.9807, indicando que o modelo pode ser utilizado de forma confiável na predição do módulo de resiliência com o agregado reciclado utilizado nesta pesquisa.

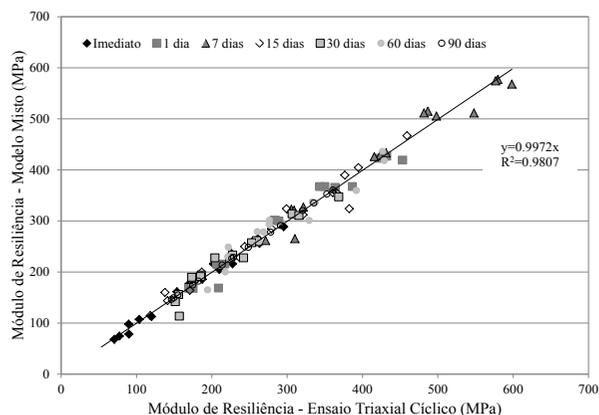


Figura 3.9. Variação do MR do Triaxial Cíclico vs. Modelo Misto ao longo do tempo

3.13 Resistência à Compressão Não Confinada (RCS)

Neste ensaio foram utilizados os mesmos corpos de prova empregados no ensaio do módulo de resiliência e, portanto, nos mesmos períodos de cura deste ensaio. A figura 3.10 apresenta as curvas tensão-deformação obtidas durante o ensaio de compressão não confinada. Todas elas apresentam um comportamento côncavo para cima no início da curva. Esse comportamento é considerado normal uma vez que, no início dos carregamentos, os vazios e as pequenas fissuras geradas no ensaio do módulo de resiliência são fechados até que o corpo de prova testado consiga receber carregamentos incrementais até a sua ruptura.

Diferentes níveis de tensão e deformação foram alcançados. Os valores de tensão foram crescentes segundo o período de cura. Contudo, o corpo de prova com um dia de cura chegou à ruptura em uma tensão de 0.22 MPa, com apenas uma deformação unitária de 0.8%, menor que as deformações alcançadas pelos outros corpos de prova. O corpo de prova com um período de cura de 90 dias rompeu em 0.33 MPa e apresentou a maior deformação axial.

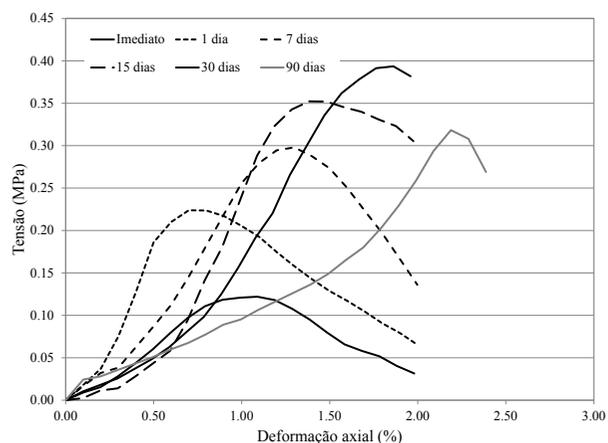


Figura 3.10. Variação da resistência à compressão simples ao longo do tempo

Durante a desmontagem do ensaio do módulo de resiliência os corpos de prova com 60 dias de cura foram rompidos e não foi possível fazer o ensaio de compressão não confinada em nenhum deles. Todos os corpos de prova ensaiados apresentaram o mesmo padrão de ruptura, fissuras e trincas longitudinais, no sentido de aplicação do carregamento. Uma vez que as trincas não aparecem sobre o eixo dos corpos de prova, pode-se pensar em ruptura por cisalhamento, provocado pelo atrito entre a placa e o corpo de prova.

3.14 Determinação de Atividade Pozolânica com Cimento Portland

Os ensaios para determinar a atividade pozolânica do agregado reciclado miúdo do RCD foram feitos no laboratório de Furnas. Os resultados são apresentados na tabela 3.8.

A norma NBR 12653/92 exige que o índice de atividade pozolânica com cimento Portland aos 28 dias, em relação ao controle, seja de 75%. Observa-se que o RCD avaliado não atende às exigências da norma e não pode ser considerado material pozolânico puro. Contudo, a resistência à compressão simples alcançou um valor razoável (15.7 MPa).

Tabela 3.8. Índice de atividade pozolânica

Moldagem NBR 7215	Areia NBR7214 (g)	Cimento (g)	Material em análise (g)	Água (g)	Consistência (mm)	Carga de ruptura 28 dias (kgf)	Tensão (MPa)	Tensão média (MPa)	IAP NBR 5752
Controle	936.0	312.0	0.0	165.0	226.0	6.386	31.9	30.2	52%
						5.716	28.6		
						6.021	30.1		
Amostra	936.0	202.8	109.2	177.0	225.0	3.126	15.6	15.7	
						3.237	16.2		
						3.075	15.4		

3.15 Avaliação da Quebra dos Grãos

Como apresentado no item 2.4, a avaliação da quebra dos grãos para o RCD foi realizada nos ensaios de compactação, CBR e módulo de resiliência. Inicialmente, foi avaliado o efeito da energia de compactação e do teor de umidade na quebra do agregado de RCD. A figura 3.11 apresenta as curvas granulométricas obtidas após compactação Proctor intermediária para cada teor de umidade utilizado. Nessa figura observa-se claramente que a maior mudança na curva granulométrica do material deu-se quando o agregado reciclado estava mais seco (umidade de 6%), e a menor variação com relação à granulometria original deu-se com o maior teor de umidade (21%).

Os índices de quebra após compactação Proctor (ID_p) foram calculados para cada uma das curvas granulométricas, tendo em conta o teor de água da compactação. Os valores obtidos mostram que o índice de quebra decresce com o aumento do teor de umidade. A tabela 3.9 apresenta os resultados obtidos para os índices de quebra referenciados.

Tabela 3.9. Índices de quebra calculados com variação do teor de umidade

Umidade (%)	6	8	10	12	14	19	21
ID_p (%)	9.2	8.1	7.9	7.8	6.7	6.8	4.2

Para avaliar o efeito da energia de compactação no RCD foram feitos três ensaios de compactação. A mudança de tamanho dos grãos, à medida que a energia do ensaio aumentava, foi evidente. Neste caso, a menor mudança na forma da curva granulométrica ocorreu quando foi utilizada a energia normal, e a maior quebra ocorreu com a energia modificada. A figura 3.12 apresenta três curvas granulométricas compactadas com diferentes energias e uma umidade fixa de 13%. Observa-se também que as curvas granulométricas foram deslocadas para a esquerda da curva original, mas sem ultrapassar o limite máximo da faixa C do DNIT.

Foram também calculados os índices de quebra devidos à compactação Proctor (ID_p) e o índice B_g , segundo a metodologia proposta por Marsal (1975). Esses índices indicaram, como apresentado anteriormente, que a energia modificada é a que mais afeta o tamanho das partículas, gerando a maior quebra de grãos. A tabela 3.10 apresenta os resultados obtidos para cada índice. É possível observar que

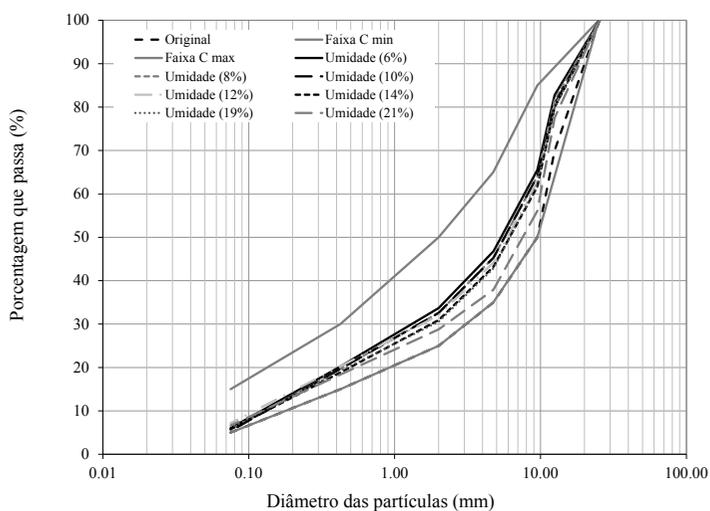


Figura 3.11. Variação da curva granulométrica com o teor de umidade

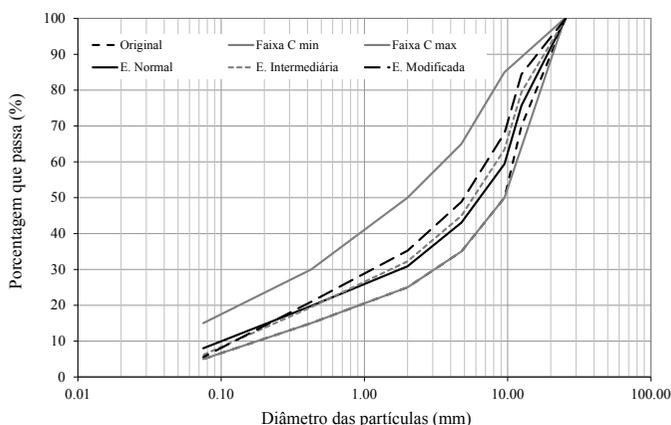


Figura 3.12. Efeito da energia de compactação na curva granulométrica

existe uma diferença nos valores entre o método do DNER (ID_p) e o método de Marsal (B_g), devido às diferentes definições empregadas.

Tabela 3.10. Índices de quebra obtidos para diferentes energias de compactação

Energia Proctor Utilizada	DNER (ID_p) %	Marsal (B_g) %
Normal	6	9
Intermediária	8	13
Modificada	11	18

Os valores médios de índice de quebra ID_p , calculados após os diferentes ensaios, compactação, CBR e módulo de resiliência para o agregado reciclado de RCD, apresentam semelhanças. Essas semelhanças se observam nas duas metodologias de cálculo empregadas. Uma vez que estes valores são todos parecidos, uma Anova foi realizada usando os valores da metodologia do DNER (ID_p). Os resultados desta análise são apresentados na tabela 3.11. A hipótese da análise de variância supõe que todos os dados possuem a mesma média amostral. O resultado da análise estatística mostrou que, apesar de esses valores serem próximos, existem diferenças entre eles e, portanto, não pertencem ao mesmo grupo amostral, o que significa que cada ensaio afeta de forma diferente a quebra de grãos do agregado de RCD.

Tabela 3.11. Resultado da Anova para índice de quebra considerando diferentes ensaios

RESUMO

Grupos	Contagem	Soma	Média	Variância
Compactação	6	47.697	7.949	1.225
CBR	6	51.918	8.653	1.082
Módulo de resiliência	6	41.000	6.833	0.967

A NOVA

Fonte da variação	Soma dos quadrados (SQ)	Graus de liberdade (gl)	Média dos quadrados (MQ)	F	Probabilidade	Valor crítico F
Entre grupos	10.104	2	5.052	4.630	0.027	3.682
Dentro dos grupos	16.368	15	1.091			
Total	26.473	17				

Embora a análise de variância mostre que a quebra de grãos é diferente, dependendo do ensaio aplicado sobre o agregado reciclado de RCD, as curvas granulométricas obtidas mostram que a distribuição dos grãos permanece igual após compactação, CBR e módulo de resiliência, pelo

menos durante as primeiras idades de cura no caso do módulo de resiliência, como apresentado na figura 3.13. Esse comportamento indica que a maior quebra de grãos ocorre durante o processo de compactação ou construção (ZEGHAL, 2009; LEITE *et al.*, 2011), e não durante a vida do pavimento.

3.16 Ganho de resistência por cimentação dos RCD

A primeira fase de avaliação do ganho de resistência do agregado reciclado foi feita com os ensaios triaxiais cíclicos.

Eles mostraram um incremento no valor do módulo de resiliência ao longo do tempo, sendo maior nos primeiros dias de cura (1 e 7 dias). Em 15 dias apresentou-se uma queda nos valores do módulo e, após isso, os módulos obtidos permaneceram estáveis. A figura 3.14 apresenta as variações do módulo de resiliência nos diferentes períodos de cura.

Os módulos de deformabilidade (D) calculados, também apresentaram um comportamento crescente. Para quantificar o incremento na rigidez do RCD avaliado, os valores de módulo, foram normalizados, dividindo-os por um valor de referência, sendo este o módulo obtido a zero dias de cura. A relação D/D_{ref} apresentada na tabela 3.12, mostra claramente que durante os primeiros sete dias o crescimento é acelerado e de 15 a 90 dias o crescimento é pequeno e o valor de D fica quase constante.

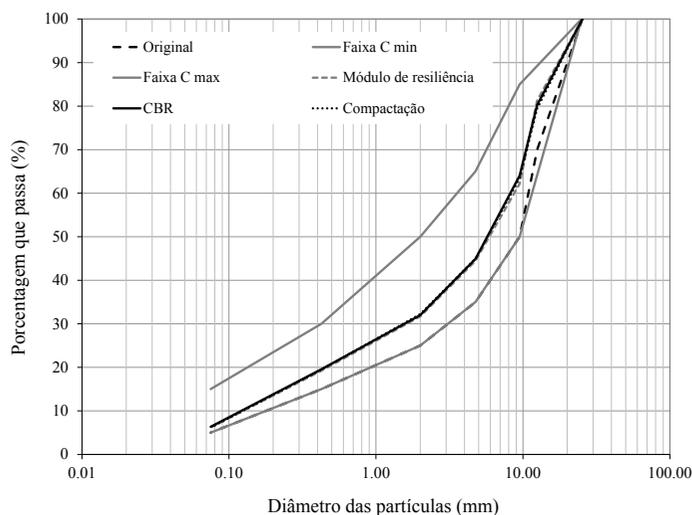


Figura 3.13. Variação das curvas granulométricas após ensaios de compactação, CBR e módulo de resiliência

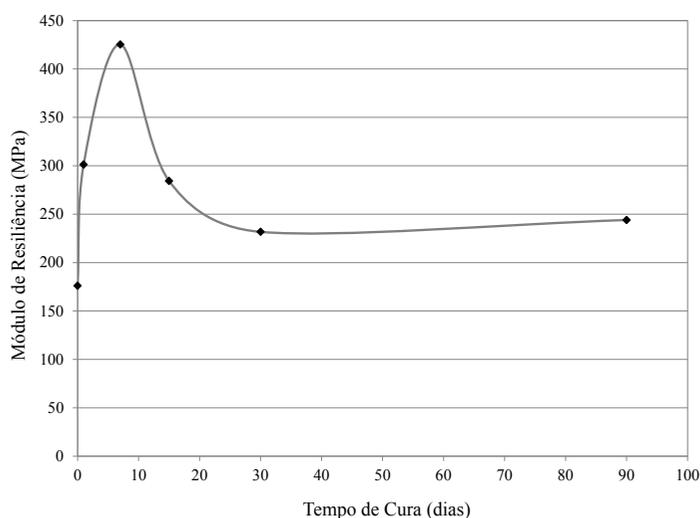


Figura 3.14. Variação do módulo de resiliência ao longo do tempo

Tabela 3.12. Normalização dos valores de módulo de deformabilidade

Tempo (dias)	D (MPa)	D/D _{ref}	Curva de regressão
0	88	1.000	1.000
1	178	2.028	2.029
7	232	2.647	2.604
15	222	2.531	2.606
30	226	2.575	2.606
90	234	2.669	2.606

O fato de o módulo de deformabilidade aumentar com o tempo de cura (figura 3.15) indica um aumento na rigidez do agregado reciclado do RCD avaliado. Isso é bastante positivo para um material granular ser empregado como base para pavimentação, já que esse ganho na rigidez distribuirá adequadamente as tensões geradas pelos carregamentos cíclicos do tráfego e evitará a fadiga prematura do revestimento asfáltico.

O ensaio de compressão simples apresentou um ganho de resistência, variando de forma crescente com o período de cura dos corpos de prova, como observado nas curvas tensão deformação apresentadas na figura 3.10. Foi comprovado que esse aumento não foi provocado pela perda de umidade durante os períodos de cura, pois esta foi verificada após cada ensaio.

As tensões obtidas são apresentadas na coluna resistência à compressão não confinada ou simples (RCS), da tabela 3.13.

Tabela 3.13. Normalização dos valores de resistência à compressão simples

Tempo (dias)	RCS (MPa)	RCS/RCS _{ref}	Curva de regressão
0	0.120	1.000	0.000
1	0.220	1.833	1.818
7	0.300	2.500	2.535
15	0.350	2.917	2.887
30	0.390	3.250	3.249

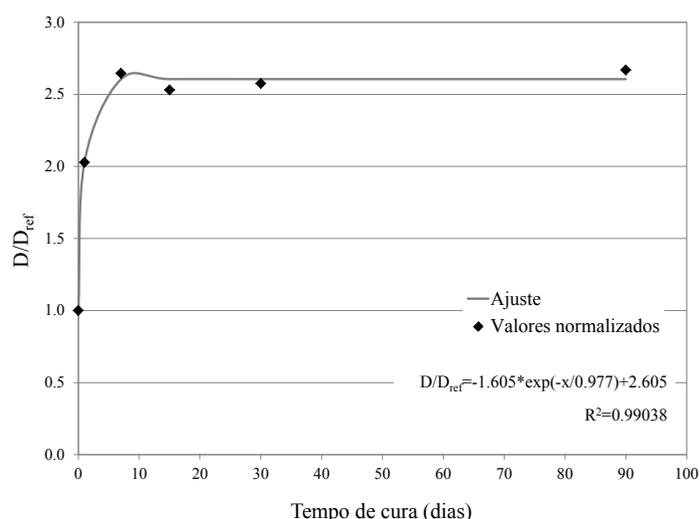


Figura 3.15. Variação do módulo de deformabilidade normalizado (D/D_{ref}) com o tempo de cura

Os valores de resistência foram normalizados e divididos por um valor de referência, sendo este a resistência obtida no ensaio a zero dia. A relação RCS/RCS_{ref} mostra que à medida que o tempo de cura aumenta, a relação entre as resistências cresce, chegando a ser três vezes maior em 30 dias. O ensaio a 60 dias não foi feito pois o corpo de prova rompeu-se na desmontagem do ensaio triaxial, e o corpo de prova com 90 dias de cura foi bastante danificado durante o ensaio do módulo de resiliência.

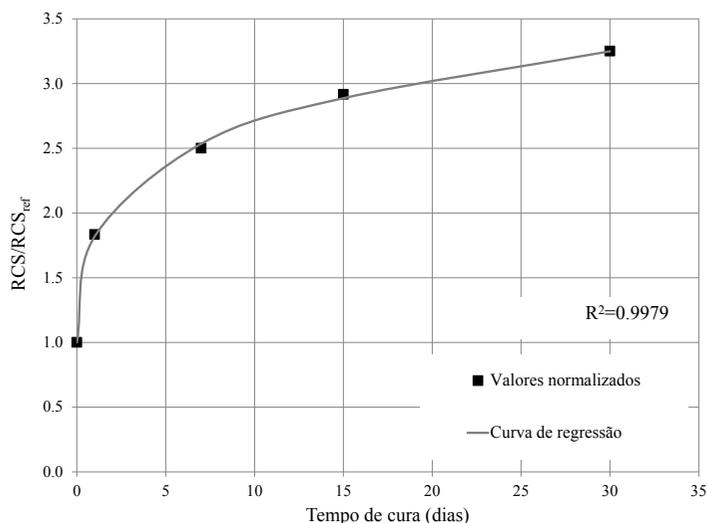


Figura 3.16. Variação da resistência à compressão simples em função do tempo de cura

A figura 3.16 apresenta a variação da resistência à compressão uniaxial ao longo do tempo. Observa-se que a relação entre as resistências do material crescem conforme se incrementa o período de cura.

De forma geral, conclui-se que o agregado reciclado de RCD avaliado neste trabalho cumpre todas as condições para ser usado como agregado na construção de bases granulares para pavimentação.

4. Conclusões

O resíduo utilizado nesta pesquisa provém da demolição do Estádio Mané Garrincha. O ensaio de composição do RCD estudado durante esta pesquisa permitiu determinar que 99,44% pertence a materiais classificados na classe A da resolução Conama 307/02 (concreto, cimento, argamassa, tijolo, telha). A parcela composta por materiais contaminantes, formada por madeira, plástico e metal, constitui apenas 0,56% da amostra. Segundo a norma NBR 15115/04, materiais indesejáveis mistos não podem ser usados na construção de bases granulares, podendo estar presentes no resíduo de construção e demolição sempre que a quantidade total for menor que 3%. Assim, o resultado obtido para a amostra total se enquadrou no valor especificado pela norma.

Com base nestes resultados é possível afirmar que o RCD obtido da demolição do Estádio Mané Garrincha não apresenta uma quantidade significativa de materiais indesejáveis e poderia ser usado como agregado para base, uma vez verificadas suas propriedades físicas e mecânicas.

Segundo a composição gravimétrica do material e seguindo a classificação da norma 15116/04, o RCD proveniente do Mané Garrincha classifica-se como agregado reciclado de concreto (ARC).

A curva granulométrica do material permitiu definir a classe textural predominante do agregado reciclado do RCD analisado, sendo esta constituída por 65% de pedregulho fino e 30% de areia. A parcela de finos menores que 0,075 mm para as frações graúdas e miúdas do RCD se enquadram nos valores exigidos pela norma NBR 15116/04.

Os valores de limites de Aterberg obtidos para o agregado reciclado de RCD que passa na peneira 0,425 mm não atenderam aos requisitos da norma NBR EB-2103/91 quanto ao valor de limite de liquidez ($LL = 32\% > 25\%$). No entanto, o material atendeu à condição de equivalente de areia superior a 30% e, portanto, o agregado reciclado de RCD avaliado é considerado apto para ser usado na pavimentação rodoviária, uma vez que o teor de material argiloso é muito pequeno.

O teor médio de absorção de água obtido para a fração graúda do RCD foi de 7,7%, valor semelhante aos resultados obtidos por outros pesquisadores no Brasil e considerado alto, uma vez que agregados naturais possuem um valor de absorção em torno de 2%. A norma NBR 15116/04 estabelece 7% como valor máximo de absorção para agregados reciclados graúdos. Contudo, essa condição é para preparação de concreto sem função estrutural e não estabelece um intervalo de valores quando for usado em pavimentação.

O valor da durabilidade em sulfato de magnésio obtido para o agregado graúdo de RCD foi de 6% e satisfaz ao valor requerido na norma NBR EB-2105/91. Para o agregado miúdo não há referência de valor mínimo ou máximo, mas foi comprovado que os agregados de materiais cerâmicos vermelhos foram bastante afetados pelo sulfato utilizado. Esses materiais apresentaram desgaste lamelar até a sua desintegração total.

Os valores de desgaste obtidos para o RCD em ambas as graduações cumprem o requerimento da norma NBR EB-2103/91, segundo a qual os materiais para sub-base ou base de pavimentos estabilizados granulometricamente devem apresentar uma perda por abrasão Los Angeles inferior a 55%.

Os resultados dos ensaios de compactação com o agregado reciclado de RCD mostraram que a curva de compactação não apresenta o pico tradicional que indica a umidade ótima antes de alcançar o ramo úmido. Para a energia Proctor utilizada, o melhor comportamento do material foi observado para um teor de umidade em torno de 13%. Para valores de umidade acima de 16%, o agregado reciclado apresentou sinais de saturação. Observou-se que a água de compactação atua como lubrificante entre as partículas, permitindo uma melhor trabalhabilidade, sem afetar a densidade aparente seca.

Os valores de CBR obtidos para o agregado reciclado de RCD utilizado nesta pesquisa são satisfatórios, uma vez que todos eles superaram o limite da norma NBR 15115, 60%. Os resultados dos CBR com imersão de 96 horas foram superiores aos resultados sem imersão, sendo o aumento de 20% quando foi usada a energia intermediária. Este incremento foi atribuído ao processo de

hidratação do material cimentante presente no agregado reciclado de RCD durante a fase de imersão em água.

Os resultados dos ensaios de módulo de resiliência mostraram que o agregado reciclado utilizado durante a pesquisa tem comportamento similar ao de agregados pétreos normalmente utilizados, uma vez que os valores determinados nesta pesquisa variaram entre 200 e 500 MPa.

O ensaio com sete dias de cura mostrou módulos de resiliência entre 300 e 600 MPa, indicando um ganho de módulo muito alto em um período de tempo pequeno. Este comportamento foi verificado nos ensaios triaxiais cíclicos feitos com três corpos de prova dessa idade. Apesar disso, é recomendável revisar o comportamento do material para este período de cura em particular, uma vez que se observou uma queda significativa após este período, seguido de um período de ganho e estabilização do módulo de resiliência.

A atividade pozolânica com cimento Portland mostrou que a fração analisada de agregado reciclado de RCD tem uma atividade de 52% com relação à mistura. Apesar de o material não alcançar os valores exigidos pelas normas ASTM e NBR de 75%, não se deve descartar que a capacidade pozolânica do RCD analisado influa positivamente na resistência do material de base.

As curvas granulométricas obtidas após compactação intermediária mostraram que existe uma influência direta entre o teor de umidade da compactação e a quebra de grãos do agregado reciclado de RCD, sendo que, quanto mais seco o material, maior será a quebra de grãos, e quanto mais perto da saturação, menor a quebra do material.

Os índices de quebra IDp e Bg foram calculados para os ensaios de compactação na energia intermediária, ensaios de CBR e ensaios de módulo de resiliência. Os índices mostraram pequenas diferenças, já que as curvas granulométricas ao final dos ensaios não mostraram variações. Isso sugere que a maior quebra de partículas se apresenta durante a compactação.

O ganho de resistência para o ensaio de compressão simples foi de 250% após 30 dias de cura. Os ensaios de CBR também mostraram um aumento na resistência de 20% após o período de imersão. Todos esses resultados sugerem que há materiais cimentícios reagindo com a água, provocando um aumento de resistência que pode ser significativo.

Finalmente, conclui-se que o agregado reciclado de RCD utilizado nesta pesquisa apresenta características físicas, químicas e mecânicas que permitem o seu uso como insumo na construção de bases rodoviárias e pode substituir os materiais convencionais.

5. Referências Bibliográficas

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). *Determining the resilient modulus of soils and aggregate materials*.

American Society for Testing and Materials (ASTM) C88 - 05. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate.

___ASTM D1883 - 07. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

___ASTM D2166 - 06. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.

___ASTM D2419 - 09. Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate.

___ASTM D4972 - 01. Standard Test Method for pH of Soils.

Arm, M. "Self cementing properties of crushed demolished concrete in unbound layers: results from triaxial test and field test". In *Waste Management*, 21, 2001.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR EB-2103: Materiais para sub-base ou base de pavimentos estabilizados granulometricamente. Rio de Janeiro, 1991.

___NBR 10004: Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

___NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

___NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

___NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

___NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

___NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

___NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

___NBR 5752: Materiais pozolânicos - Determinação de atividade pozolânicas com cimento Portland - Índice de atividade pozolânicas com cimento. Rio de Janeiro, 1992.

___NBR 7182: Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1988.

___NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da Resistência à Compressão. Rio de Janeiro, 1997.

___NBR 7219: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem. Rio de Janeiro, 1987.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. Petrobras. Rio de Janeiro: Abeda, 2006.

British Standard (BS). Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes. BS 1377-2/90: Classification test.

CARNEIRO, A. P.; QUADROS, B. E. C.; OLIVEIRA, A. M. V.; SCHADACH DE BRUM, I. A.; SAMPAIO, T. S.; ALBERTE, E. P. V.; COSTA, D. B. "Características do entulho e do agregado reciclado". In *Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção*. Projeto entulho bom. Organizado por CASSA, J. C. S (em memória); CARNEIRO, A. P; SCHADACH DE BRUM, I. A.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002. Processo Nº 02000.001641/2000-15. Assunto: dispõe sobre resíduos da construção civil. Brasília, DF.

DELONGUI, L.; PINHEIRO, R. J. B.; PEREIRA, D. S.; PIOVEZAN, G. T. A. Caracterização dos Resíduos da construção civil em Santa Maria (RS) e sua aplicação em pavimentação. 2010.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Manual de Pavimentação. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico - IPR/DNER. Rio de Janeiro: 1996.

___DNER-ES 141/10: Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço.

___DNER-ES 303/97: Pavimentação - Base estabilizada granulometricamente.

___DNER-ME 080/94: Solos - Análise granulométrica por peneiramento.

___DNER-ME 081/98: Agregados - Determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo.

___DNER-ME 082/94: Solos - Determinação do limite de plasticidade.

___DNER-ME 084/95: Agregado miúdo - Determinação da densidade real.

___DNER-ME 086/94: Agregado - Determinação do índice de forma.

___DNER-ME 194/98: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman.

___DNER-ME 266/97: Agregados - Determinação do teor de materiais pulverulentos.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). DNER-ME 035/98: Agregados - determinação da abrasão Los Angeles.

Dias, J. F.; AGOPYAN, V.; BERNUCCI, L. L. B.; MOURA, E. Avaliação do módulo de resiliência de misturas solo agregado reciclado cerâmico em função do esqueleto granular do agregado. 13ª Reunião de Pavimentação Urbana. Maceió: 2006.

Environmental Protection Agency of United States (EPA). Estimating 2003. Building Related Construction and Demolition Materials Amounts.

FARIAS, M. M. (2009). Materiais reciclados para utilização em pavimentação. FAPDF processo nº 2009/00111-1.

FERNANDES, C. G. Caracterização Mecânica de Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição para Uso na Pavimentação dos Municípios do Rio de Janeiro e de Belo Horizonte. Tese de doutorado. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe, 2004.

KAZMIERCZAK, C. "Resíduos de construção e demolição: um problema ou uma oportunidade de negócios?" In *Revista mensal do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Rio Grande do Sul*. Rio Grande do Sul: 2008.

LEITE, M. B. Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 2001.

LEITE, F. C.; MOTTA, R. S.; VASCONCELOS, H. L.; BERNUCCI, L. L. B.. Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements. *Construction and Building Materials*, 25, 2011.

MARSAL, R.J. & RESENDIZ, D. Earth and Earth-Rock Dams (in Spanish). Ciudad de Mexico: 1975.

MOTTA, L. M. G.; FERNANDES, C.. "Utilização de resíduo sólido da construção civil em pavimentação urbana" In 12ª Reunião Anual de Pavimentação. Aracaju: 2003.

MOTTA, R. S. Estudo Laboratorial de Agregado Reciclado de Resíduo Sólido da Construção Civil para Aplicação em Pavimentação de Baixo Volume de Tráfego. Dissertação de mestrado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo: 2005.

OIKONOMOU, N. D. "Recycled concrete aggregates" In *Concrete & Cement Composites*. 27, 2005.

OLIVEIRA, J. C.; REZENDE, L. R.; GUIMARÃES, R. C.; CARVALHO, J. C. Variação dos parâmetros de compactação e CBR de agregados reciclados de resíduos da construção civil. 36ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv). Curitiba: 2005.

OLIVEIRA, J. C.. Indicadores de Potencialidades e Desempenho de Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Pavimentos Flexíveis. Tese de doutorado, Publicação G.TD-049/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. 2007.

PARK, T. "Application of construction and building debris as base and subbase materials in rigid pavement" In *Journal of Transportation Engineering*. ASCE, 129, 2003.

POON, C. S.; QIAO, X. C.; CHAN, D. "The cause and influence of self-cementing properties of fine recycled concrete aggregates on the properties of unbound sub-base" In *Waste Management and Research*. 26, 2006.

SOUZA, M. V. R Efeitos de Fibras Sintéticas nas Propriedades de Ligantes e Concretos Asfálticos. Dissertação de Mestrado do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Brasília: 2010.

TAM, W. Y.; WANG, K.; TAM, C. M. "Assessing relationships among properties of demolished concrete, recycled aggregate and recycled aggregate concrete using regression analysis" In *Journal of Hazardous Materials*. 152, 2008.



CATEGORIA ENSINO SUPERIOR



1º Lugar

KAIODÊ LEONARDO BIAGUE

Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix

Miniusinas Solares Fotovoltaicas em Sistemas de Transporte Rápido por Ônibus -
Bus Rapid Transit (BRT)

2º Lugar

CIBELE ROSA OLIVEIRA

Universidade de São Paulo (USP)

Diminuição do Impacto Ambiental dos Resíduos Sólidos Municipais: Caracterização
e Quantificação de Filmes Plásticos Rejeitados na Reciclagem Comercial e Sua
Utilização em Biocompósitos

3º Lugar

SÂMARA ÍRIS DE LIMA SANTOS

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Mapeamento da Violência Urbana em Campina Grande: Tendências e Desafios em
Busca da Cidade Sustentável

10
LUGAR



CATEGORIA ESTUDANTE
DO ENSINO SUPERIOR

Miniusinas Solares Fotovoltaicas em Sistemas de Transporte Rápido por Ônibus - Bus Rapid Transit (BRT)

Autor:

Kaiodê Leonardo Biague
(kaiode.biague@yahoo.com.br)

Orientador:

Rogério Mori de Sena
(rogerio.sena@metodistademinas.edu.br)

Instituição de Vínculo:

Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix

1. Introdução

Quando se pensa em mobilidade sustentável é impossível desassociá-la da questão energética, seja na forma de combustível ou energia elétrica. Com o advento da Copa do Mundo de Futebol de 2014 e dos Jogos Olímpicos de 2016, têm-se impulsionado a implantação e ampliação de sistemas BRT em 10 das 12 cidades-sede, além de outras cidades de grande porte, como resposta aos graves níveis de imobilidade de nossas cidades. Especialistas apontam previsão de que, até 2014, o Brasil possa ter cerca de 375 quilômetros (km) de corredores BRT implantados desde Curitiba (que implantou o primeiro sistema BRT do mundo, em 1972). Também estima-se um potencial, até 2030, de 3.300 km implantados. Essas projeções incitam reflexões sobre os impactos que estes sistemas causarão no espaço urbano e quais as alternativas para torná-los ainda mais sustentáveis, pois, atualmente, as únicas justificativas apresentadas se limitam ao uso do biodiesel e ao fato de que os sistemas contribuem para a redução dos gases do efeito estufa (GEE), devido à diminuição de veículos particulares nas ruas.

Seria possível que áreas remanescentes de desapropriações pudessem ser utilizadas para a implantação de parques lineares, equipamentos públicos e até mesmo para a agricultura urbana; e novamente a questão energética assume fundamental importância na transição para cidades sustentáveis, seja para irrigação, segurança ou bem-estar social. Atualmente, “70% do total de energia mundial consumida (44% em edificações e 26% em transporte de pessoas) é influenciada pelo modo como nossas cidades e infraestruturas estão desenhadas” (FOSTER, 2007). Por isso a presente pesquisa foi buscar, na arquitetura e na mobilidade sustentáveis, elementos para propor um sistema conceitual de miniusinas solares fotovoltaicas para sistemas BRT, na perspectiva de transformação de espaços públicos ao longo dos corredores, tornando-os mais amigáveis ambientalmente.

2. Problematização

Como contribuir para a redução da “pegada ecológica” gerada por sistemas BRT?

Como assegurar a ininterrupção dos serviços e garantir os níveis de segurança mesmo em períodos com queda no fornecimento de energia pela rede de distribuição?

Como garantir que áreas remanescentes de desapropriações e não passíveis de parcelamento possam ser mais bem aproveitadas pela cidade?

2.1 Solução Proposta

Com base em princípios que envolvem ambientes sustentáveis, pretende-se converter as edificações estruturais de sistemas BRT (estações de transferência, terminais de integração e garagens) em miniusinas solares para geração descentralizada de energia, o que permitirá novas concepções para projetos de requalificação urbana.

3. Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Prospectar um sistema conceitual para o desenvolvimento de miniusinas solares fotovoltaicas híbridas, conectadas à rede em sistemas de transporte rápido por ônibus (*Bus Rapid Transit* - BRT), capazes de suprir a demanda energética das edificações pertencentes ao sistema, bem como parte da demanda energética para equipamentos e mobiliários urbanos próximos a estas estruturas, tendo como objeto de estudo os corredores BRT em implantação na cidade de Belo Horizonte.

3.2 Objetivos Específicos

Estimular o uso da energia solar conectada à rede em aplicações urbana diversas, ainda pouco difundida no Brasil;

Fomentar a instalação de projetos luminotécnicos que valorizem os corredores BRT e os espaços públicos adjacentes, contribuindo para a segurança pública, o tráfego viário, a apropriação do espaço urbano pela cidade, a valorização e a atratividade dessas áreas;

Possibilitar que os sistemas BRT se tornem ainda mais sustentáveis, de forma a contribuir para a mitigação do impacto causado pelas emissões de GEE por parte dos ônibus;

Permitir que os sistemas BRT solicitem, aos organismos competentes, certificações de gestão ambiental ISO 14000 e de construções sustentáveis LEED¹ e AQUA²;

¹ *Leadership in Energy and Environmental Design* é uma certificação para edifícios sustentáveis, concedida pela ONG *U.S. Green Building Council (USGBC)*, de acordo com os critérios de racionalização de recursos energéticos atendidos por um edifício.

² Alta Qualidade Ambiental é o primeiro selo de certificação de construções sustentáveis. Adaptado à realidade brasileira pela Fundação Vanzolini, foi inspirado no selo francês *Haute Qualité Environnementale (HQE)*, controlado pela *Association pour la Haute Qualité Environnementale*.

Incrementar o potencial dos sistemas BRT, com a possibilidade de implantação de equipamentos e serviços (que dependem de energia elétrica) nas estações e terminais, bem como com a reutilização da água da chuva;

Colaborar para a melhora da qualidade de vida nas cidades brasileiras e para o desenvolvimento do *Triple Bottom Line*³, por meio da racionalização de recursos energéticos e dependência do transporte individualizado.

4. Justificativa

“Beleza e conforto é algo raramente associado com transporte público” (ITDP, 2004), principalmente quando se refere a sistemas operados por ônibus, que ainda são vistos por muitos, infelizmente, como o meio de transporte das classes menos abastadas. Quando bem projetados, os BRTs se apresentam como uma boa alternativa ao problema de mobilidade, porém, um dos maiores empecilhos quanto a sua implantação diz respeito aos processos de desapropriação, que devido à falta de planejamento de nossas cidades, tendem a gerar consideráveis áreas remanescentes não passíveis de reparcelamento⁴, fora os impactos ambientais e financeiros. Em muitos projetos de requalificação viária, ações mais ousadas e comprometidas com a qualidade de vida são totalmente possíveis. Curitiba e Bogotá possuem bons exemplos de utilização desses espaços para a implantação de parques lineares. Em Nova Iorque, nos EUA, temos o mundialmente conhecido High Line Park, construído em 2009 sobre uma antiga linha férrea.

Na última década, cerca de cem projetos de BRT foram instalados. Ao todo, mais de 160 sistemas estão em funcionamento ou em implantação em 23 países, nos cinco continentes. “O BRT nasceu no Brasil, depois foi implementado em diversas cidades do mundo e agora está voltando para cá.” (LINDAU, 2011) Sem dúvida, este é um momento oportuno para iniciarmos um novo ciclo na mobilidade e qualidade de vida, com projetos que valorizem a reapropriação do espaço público pela cidade.

Infelizmente, o usual no Brasil são as obras viárias não receberem os tratamentos paisagísticos previstos nos próprios editais licitatórios, e muitas decisões políticas ainda continuam atreladas

³ Termo cunhado em 1990 por John Elkington, cofundador da ONG internacional SustainAbility, para representar o modelo de desenvolvimento sustentável baseado no tripé: ecologicamente correto; economicamente viável e socialmente justo.

⁴ Conforme define Hely Lopes Meirelles, loteamento urbano “é a divisão voluntária do solo em unidades (lotes) com abertura de vias e logradouros públicos, na forma da legislação pertinente. Distingue-se do desmembramento, que é a simples divisão da área urbana ou urbanizável” (MEIRELLES, 1961).

a visões ultrapassadas de cidade e administração pública. O tão proclamado “legado da Copa” já ficou para trás na maioria das cidades-sede, contudo, a transição para cidades sustentáveis deve ser entendida como planejamento estratégico de políticas públicas, sem a dependência de linhas políticas ou desse tipo de evento.

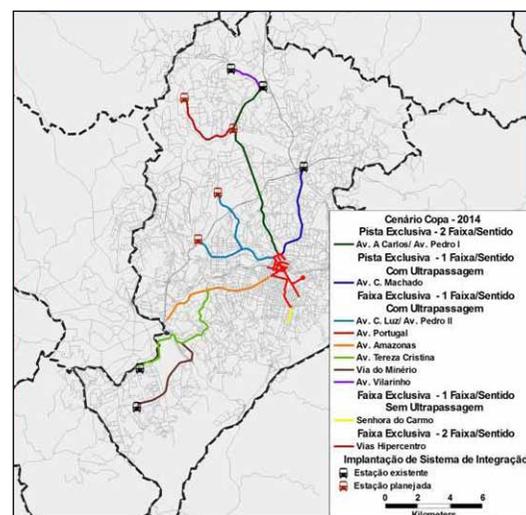
4.1 Panorama dos BRTs em Belo Horizonte

Devido à combinação de diversos fatores (políticos, topográficos e culturais), Belo Horizonte possui “um dos piores índices de mobilidade urbana do mundo” (MEDEIROS, 2009). A atual distribuição modal é de 54% para o transporte público contra 46% para transporte privado, há em média um automóvel para cada dois habitantes, e a tendência, se nada for feito, é que em 2020 o transporte privado corresponda a 52%, contra 48% do transporte público. Entre 2008 e 2010, a BHTRANS⁵ elaborou o Plano de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (PlanMob-BH), que apresenta um planejamento estratégico até 2020, com três possíveis cenários: o primeiro até 2014; o segundo até 2020, com restrição de investimentos; e o terceiro até 2020, com investimentos plenos.

Dentro do cenário proposto pelo PlanMob-BH até 2014, estavam previstos dez corredores BRT, totalizando 74,0 km de vias. Entretanto, para o PAC da Mobilidade foram elencados seis corredores prioritários (Antônio Carlos/Pedro I, Cristiano Machado, Pedro II/Carlos Luz e Hipercentro), 41,0 km no total. Porém, recentemente, em 4 de agosto deste ano, a prefeitura comunicou o cancelamento do corredor Pedro II/Carlos Luz, devido aos altos custos de desapropriação, que inviabilizaram a implantação do corredor. Ou seja, para 2014 teremos somente 25,0 km implantados, 40 estações de transferências, adequação de três terminais e a construção de dois novos, totalizando oito terminais de integração. Vale ressaltar que, em Belo Horizonte, os corredores BRTs entraram como uma alternativa à falta de investimentos para a expansão do metrô BH.

4.2 Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil

Diante dessa realidade, pensar em sistemas fotovoltaicos em sistemas de transporte público pode parecer distante, pois se trata de uma tecnologia (inicialmente) mais cara. Porém, os novos paradigmas energéticos têm viabilizado a introdução



⁵ Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S/A, responsável pelo planejamento e gerenciamento do transporte e trânsito.

de tecnologias renováveis e o Brasil possui excelente potencial “por ter altos níveis de radiação e grandes reservas de silício de alta qualidade (principal componente para fabricação de módulos fotovoltaicos [...]). A tendência natural é a queda dos preços” (MME, 2008). Atualmente o mercado nacional está em rápida expansão. Há importantes programas de pesquisa e desenvolvimento, além de estudos para futuros programas governamentais de incentivo à difusão da geração de energia descentralizada, a exemplo do bem-sucedido programa alemão. “Num horizonte próximo, o preço da energia gerada por um sistema solar fotovoltaico, instalado em edificações urbanas e conectado à rede de distribuição secundária, será equivalente ao preço da energia convencional oferecida no ponto de consumo” (MME, 2008).

Por tudo isso, o projeto possui relevância ao apresentar uma nova forma de apropriação do espaço urbano por meio de sistemas de transporte público. Embora não seja original a implantação de energia solar em pontos de ônibus (vide revisão bibliográfica), o conceito de miniusinas solares em sistemas BRT inova ao propor outras funcionalidades, tais como postos de recarga para táxis elétricos e reservatórios de água para irrigação pública e combate a incêndio. Um futuro aprofundamento desta pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias otimizadas certamente possibilitarão às cidades que optarem por adotar o conceito apresentado enormes ganhos ecológicos, sociais e econômicos, além de permitir ao Brasil galgar novos patamares entre os países mais comprometidos com a preservação do planeta.

5. Revisão Bibliográfica

O panorama das mudanças climáticas e a necessidade de a engenharia, a arquitetura e o design desenvolverem novos padrões para estratégias e metodologias projetuais têm contribuído para que nesta última década uma produção literária considerável esteja disponível, principalmente na Europa, por estar mais à frente do processo. No Brasil, boa parte das publicações técnicas e acadêmicas está focada em edificações sustentáveis, marcos regulatórios e padrões técnicos nacionais. Bibliografia específica sobre o objeto de estudo ainda parece inédita. O que há de referência mais próxima são projetos e iniciativas para a implantação de pontos de ônibus e mobiliários urbanos alimentados por energia solar fotovoltaica na Europa (LONDRES, 2008), EUA (MIT, 2009), (CAIT, 2006) e China.

Duas importantes iniciativas de planejamento estratégico, em caráter de políticas públicas, têm sido implantadas em Londres, na Inglaterra, e em São Francisco, nos EUA. Na primeira, após dois anos de testes, a Transport for London (autarquia responsável pelo transporte em Londres) irá substituir mais 7 mil pontos e auxiliará no financiamento de ônibus movidos a hidrogênio. Na

segunda, a prefeitura irá implantar mais de 1.100 pontos de ônibus com Wi-Fi a partir de 2013 e, em Nova Iorque, EUA, a MTA (autarquia responsável pelo transporte na grande NY) possui um sólido e amplo trabalho de sustentabilidade, com certificações ISO 14000 e LEED (MTA, 2009).

Após ampla pesquisa, foi possível estabelecer três pontos-chave para o desenvolvimento deste trabalho: atualmente não há sistemas BRT que apresentem soluções energéticas baseadas na tecnologia fotovoltaica o Terminal de Coney Island, em Nova Iorque, foi o primeiro terminal de metrô a adotar a tecnologia (MTA, 2009); no Brasil o uso desta tecnologia ainda está muito condicionada a locais isolados da rede de distribuição, mas caminha-se rapidamente para a regulamentação da geração fotovoltaica conectada à rede; todas as cidades que possuem pontos de ônibus alimentados por energia solar, ainda que de forma experimental, estão bem acima do Trópico de Câncer (23° 26'N), ou seja, a intensidade da radiação solar é pelo menos 2,5 vezes menor do que a média das cidades brasileiras.

6. Metodologia

O volume de informações disponibilizado por meio da revisão bibliográfica permitiu que o desenvolvimento da pesquisa transitasse, de forma livre, entre os métodos indutivo e dedutivo. Uma vez que o objetivo foi prospectar um sistema conceitual, compatível com os diversos climas brasileiros, trabalhou-se com os piores cenários em situações favoráveis, com os melhores cenários em situações desfavoráveis, com médias ponderadas, com fatores de correção, com planilhas eletrônicas e computação gráfica tudo para tentar aproximar a pesquisa de um modelo experimental.

6.1 Elementos omitidos

Uma vez que esta pesquisa está baseada na arquitetura e no urbanismo, questões pontuais ligadas à engenharia elétrica, tais como FECC⁶, fatores de potência, índices de eficiência e sinergia dos equipamentos, carga tributária e mecanismos regulatórios não serão alvo de análise. Mas espera-se que, num estágio futuro, esta pesquisa possa aprofundar-se em questões técnicas e específicas, a fim de responder com mais propriedade a indagações não respondidas. Ressalta-se também que outros trabalhos já publicados se dedicam com maior empenho a tais questões (MME, 2009 e RÜTHER, 2004).

⁶ Fator Efetivo de Capacidade de Carga (RÜTHER, 2004).

6.2 Concepção e escolha tecnológica

Pensou-se em um sistema solar fotovoltaico desenhado a partir de equipamentos disponíveis no mercado, com prioridade para componentes de origem nacional. Após estudos comparativos entre diversos modelos, optou-se por utilizar as especificações técnicas dos seguintes equipamentos: módulos PV SuryaVolt SV230 - 230 W, Tecnometal Energia Solar; controladores de carga CNCD-50 - 50A, FC Solar; inversores de voltagem PI5000 - 5000 W, FC Solar; conversores de voltagem AC 110/220 - 7500VA, Upsai; baterias estacionárias Freedom DF4001 - 240Ah, Jonhson Controls; medidores eletrônicos bidirecionais de energia ELO2180, Elo; suportes de fixação em liga de alumínio inoxidável; bomba d'água submersível XKS 401PW -1/2CV, Ferrari; e filtros Vortex WWF-150, Wisy.

6.3 Instrumentos de Análise

Os principais instrumentos de análise adotados foram:

Anotações extraídas da revisão bibliográfica;

Observação *in loco* das características viárias, arborização e verticalização das edificações;

Interpretação dos projetos disponibilizados pela BHTRANS e pela Superintendência de Desenvolvimento da Capital (Sudecap).

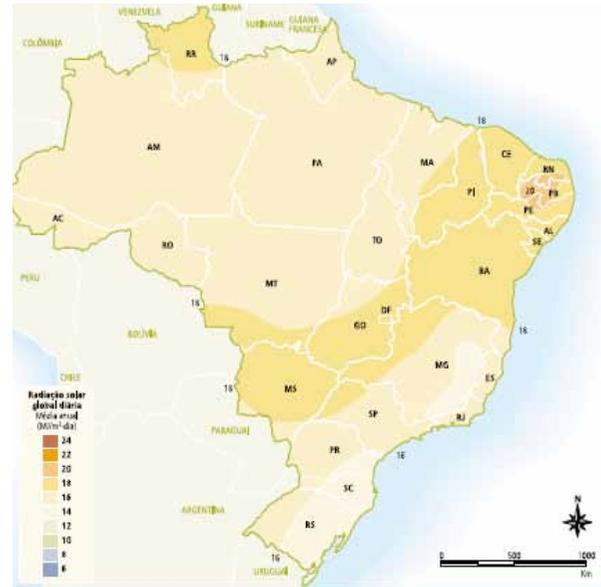
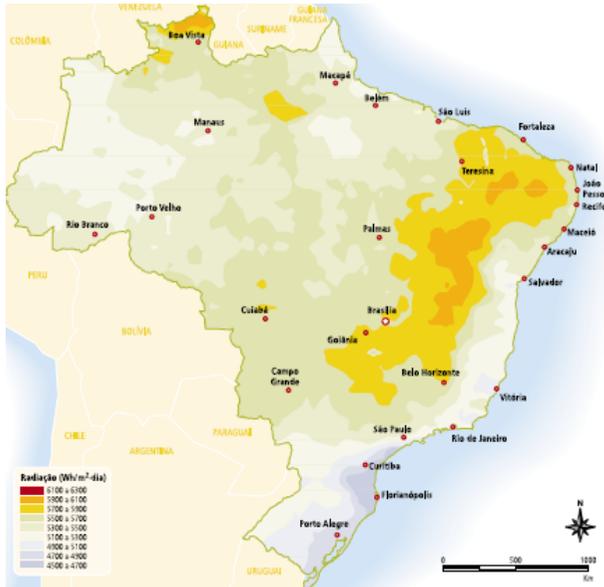
Simulações de cenários (planilhas eletrônicas e computação gráfica);

Comparação entre o cenário local e experiências internacionais.

6.4 Condições climáticas (inserir mapa solométrico)

Um dos grandes desafios à produção fotovoltaica são as condições climáticas do local. Os chamados "dias limpos", ou seja, os dias ideais para a boa produção energética estão ligados a fatores como proximidade da zona tropical e locais com maiores altitudes. O índice de radiação solar e tempo de insolação (atmosfera) são dois importantes componentes de interferência na capacidade de produção. Em áreas urbanas deve-se considerar também elementos bloqueadores, como árvores e prédios. No Brasil as médias anuais são: radiação solar de 5.400 W/m², tempo médio de insolação diária de cinco horas e índice pluviométrico de 1.700 milímetros (mm). Belo Horizonte possui clima tropical de altitude, temperatura média de 21°C, radiação solar de 5.700W/m², insolação diária de seis horas e precipitação pluvial de 1.447mm.

Para a pesquisa foram consideradas condições *standard* de operação (RÜTHER, 2004): irradiação de 1.000 W/m²; amplitude modular de 1,5; temperatura de operação de 25°C; tempo de operação de quatro horas diárias e, para o pré-dimensionamento do reservatório de água, precipitação pluvial de 2 mil mm.



Índices pluviométricos de algumas capitais

média de 1997 a 2000	Porto Alegre	1453	Belo Horizonte	1417
	Florianópolis	1783	Brasília	1405
	Curitiba	1771	Salvador	2021
	São Paulo	1515		

Consulte outras capitais: www.inmet.gov.br

TABELA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA (M³/ANO).

ÍNDICE PLUVIOMETRICO	Área do Telhado (m²)							
	100	200	300	400	500	1.000	1.500	2.000
800	172	144	216	288	360	720	1.080	1.440
900	81	162	243	324	405	810	1.215	1.620
1.000	90	180	270	360	450	900	1.350	1.800
1.100	99	198	297	396	495	990	1.485	1.980
1.200	108	216	324	432	540	1.080	1.620	2.160
1.300	117	234	351	468	585	1.170	1.755	2.340
1.400	126	252	378	504	630	1.260	1.890	2.520
1.500	135	270	405	540	675	1.350	2.025	2.700
1.600	144	288	432	576	720	1.080	1.440	2.880

Secretaria de Planejamento (Seplan)

6.5 Características dos corredores

Corredor	Trecho/ Extensão	Características
Antônio Carlos	Lagoinha - Anel (6,0 km)	Duplicada recentemente, possui <i>busway</i> de 2 faixas por sentido, pouquíssima arborização (mudas), extensas áreas remanescentes revestidas por grama ou concreto, alguns equipamentos urbanos (faculdades, igrejas, hospital, centro comunitário), linda bairros de baixa e média renda, poucos estabelecimentos comerciais (pequenos e remanescentes), verticalidade virtualmente nula (edificações horizontais), topografia razoavelmente acidentada, demanda 9 estações.
Antônio Carlos	Anel - Pampulha (5,0 km)	<i>Busway</i> de 2 faixas por sentido, boa arborização (palmeiras e árvores do cerrado), diversos equipamentos urbanos (UFMG, UEMG, bombeiros, agências bancárias, subprefeitura, áreas militares, aeroporto), linda bairros de média e média alta renda, estabelecimentos comerciais de médio e grande porte (automotivo e varejista), baixíssima verticalidade (virtualmente nula), topografia pouco acidentada, 7 estações, conexão com 1 terminal.
Pedro I	Pampulha - Vilarinho (6,0 km)	Ainda será duplicada (nos moldes da Antônio Carlos), arborização atual razoável (árvores do cerrado), alguns equipamentos urbanos (escola, parque, clubes, agências bancárias), linda bairros de média renda, diversificados estabelecimentos comerciais de pequeno, médio e grande porte (varejista), baixíssima verticalidade (virtualmente nula), topografia razoavelmente acidentada, 5 estações, conexão com 3 terminais.
Cristiano Machado	Túnel - Terminal São Gabriel (6,0 km)	<i>Busway</i> de 1 faixa por sentido, arborização moderada (concentrada), diversos equipamentos urbanos (escola, agências bancárias, mercado, posto policial), linda bairros de média e média alta renda, baixa verticalidade (prédios residenciais e comerciais médios e altos), diversificados estabelecimentos comerciais (pequeno, médio e grande porte), topografia pouco acidentada, 10 estações, conexão com 1 terminal.
Rotúla Central	Avenidas Paraná / Santos Dumont (1,0 km)	Passará por requalificação (trânsito prioritário para ônibus, pedestres e bicicletas), arborização razoável (arbustos), vários equipamentos urbanos (praças, rodoviária, central de serviços, centro cultural), região de comércio popular (varejo, hotéis/motéis), média verticalidade (prédios médios e galpões), topografia suave, 7 estações de transferência.
Rotúla Central	Avenida Amazonas (1,0 km)	Projeto indefinido, boa arborização (árvores e arbustos), vários equipamentos urbanos (centrais de serviços, mercado, agências bancárias, praças), região comercial (serviços), alta verticalidade (prédios altos), topografia levemente acidentada, 2 estações de transferência.

6.7 Cenários Propostos

6.7.1 Cenário Básico - Belo Horizonte 2014

Com base no panorama real até 2014, foi apurado o potencial energético em função da área de cobertura para as estações, terminais e garagens. Devido à burocracia, não foi possível obter informações técnicas que permitissem conhecer, aproximadamente, quais seriam as demandas de carga. Por isso, neste cenário, toda produção potencial é injetada na rede de distribuição.

6.7.2 Cenário 1 - Cidade Sustentável

Variante do cenário básico, no qual boa parte do excedente da produção é aproveitado para a implantação de programas de requalificação urbana ao longo dos corredores. Neste cenário, é prevista também a implantação de postos de recarga para táxis elétricos e reservatórios de água para irrigação pública e combate a incêndio.

6.7.3 Cenário 2 - PlanMob-BH 2020

Variante do cenário básico prolongado até 2020, dentro do panorama "PlanMob-BH 2020 com investimentos plenos". Neste cenário, estimou-se o potencial energético e hídrico em função das áreas médias de cobertura das estações considerando distância média de 700 metros (m) entre elas e terminais previstos no plano.

7. Resultados da pesquisa e discussão

7.1 Cenário Básico - Belo Horizonte 2014

Dentro da metodologia proposta, estima-se que o sistema BRT belo-horizontino possua, até 2014, potencial para aproximadamente 9,31 MWp (gráfico 1) de módulos fotovoltaicos instalados. Em condições ideais, seria possível produzir até 37,23 MWh/dia (gráfico 2) ou 1,12 GWh/mês. O BRT Central apresentou os menores índices por possuir a maior concentração de estações com interferência de árvores e prédios altos. Já o BRT Antônio Carlos/Pedro I apresentou os maiores índices, alavancados principalmente pelo Terminal/Shopping Vilarinho (gráfico 3).

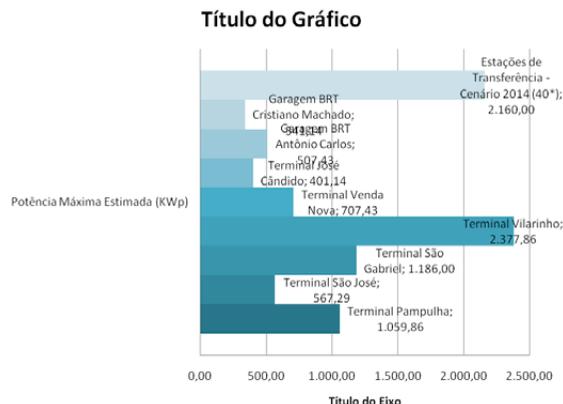


Gráfico 1: Potência Estimada por edificação (KWp);

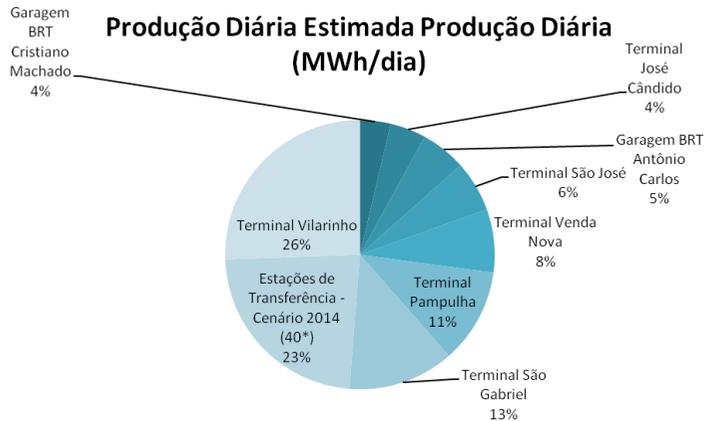


Gráfico 2: Produção Diária Estimada (MWh/dia)

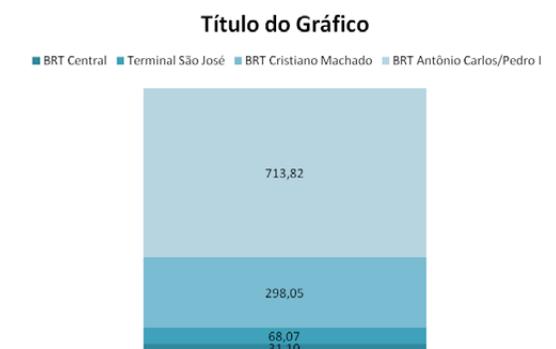


Gráfico 3: Produção Mensal por corredores, incluindo o terminal São José (ex-BRT Pedroll/Carlos Luz)

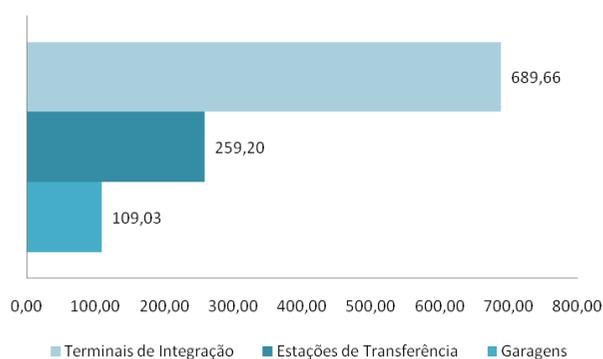


Gráfico 4: Estimativa de produção mensal por tipologia de edificação.

7.2 Cenário 1 - Cidade Sustentável

Com a implantação dos corredores BRT, a prefeitura inicia um novo programa de iluminação pública, baseado em lâmpadas LED, e a instalação de “eletropostos” para táxis nas estações próximas a pontos de alta atratividade. Cada estação teria até quatro carregadores (2.500 Wp cada). Seria uma forma de potencializar o uso do transporte público. Embora a área central seja, hoje, o destino da maioria dos deslocamentos, esses “eletropostos” seriam instalados prioritariamente fora da região do Hipercentro, devido à baixa produção local, mas poderia se pensar em “transferir virtualmente” (uma espécie de restituição) a energia consumida por “eletropostos” para regiões com baixa produção local.

Um programa de irrigação pública, e até mesmo de agricultura urbana, poderia ser iniciado. O sistema de abastecimento contaria com um reservatório de água pluvial e um reservatório auxiliar para períodos de longa estiagem. Implantados sob a *busway*, também poderiam ser utilizados como postos de apoio ao Corpo de Bombeiros, pois em cidades cada vez maiores possibilitar o encurtamento de deslocamentos em situações de emergência é vital. Neste cenário, haveria também a implantação de, no mínimo, quatro bicicletários cobertos, com área para reparos e vendas.

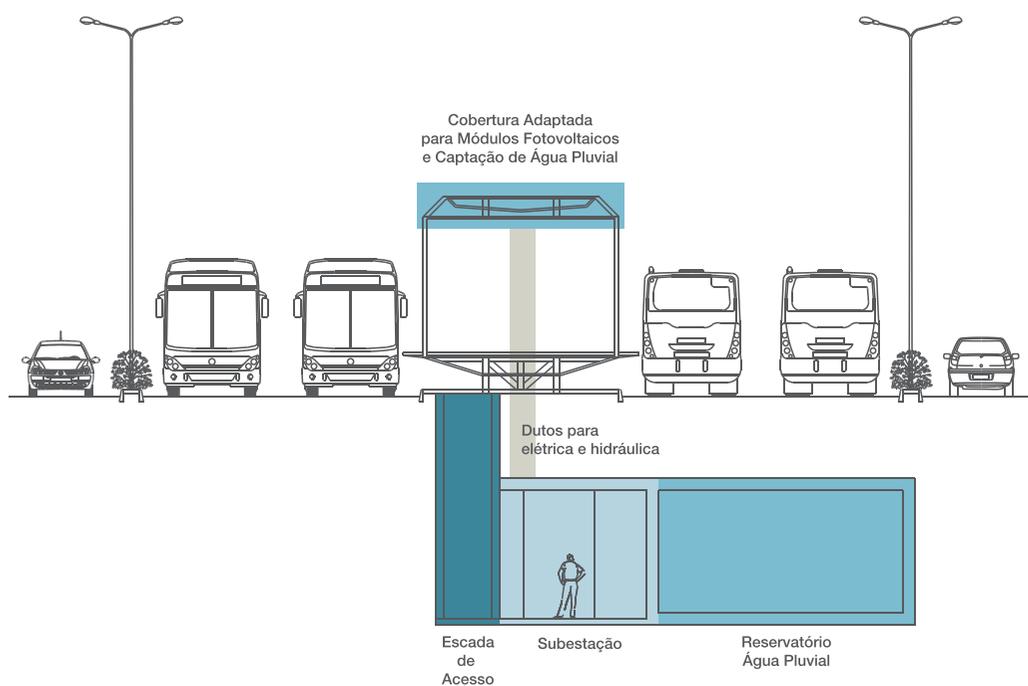


Figura 1: seção transversal de uma estação BRT padrão com sistemas de “eletroposto” e reservatórios de água

7.3 Cenário 2 - PlanMob-BH 2020

Caso esse cenário realmente ocorra, Belo Horizonte possuiria cerca de 288 estações de transferência, com capacidade instalada de 23,25 MWp em módulos fotovoltaicos, produção potencial de 2,79 GWh/mês (figura 2) e capacidade para reservar até 217.728 m³ de água pluvial (figura 3). A implantação do PlanMob-BH em conjunto com um projeto consistente de miniusinas solares permitirá enormes ganhos na qualidade de vida da população, com corredores de tráfego convidativos para a utilização dos BRTs, bicicletas, táxis elétricos, para fazer caminhadas, atividades físicas ou simplesmente descansar após um dia de trabalho.



Estimativa de área de cobertura disponível para implantação de mini usinas solares. (Comparativo entre os cenários "Belo Horizonte 2014" x "PlanMob 2020")

Figura 2: Estimativa de área de cobertura disponível para a implantação de miniusinas solares, comparativo: cenário básico x cenário 2

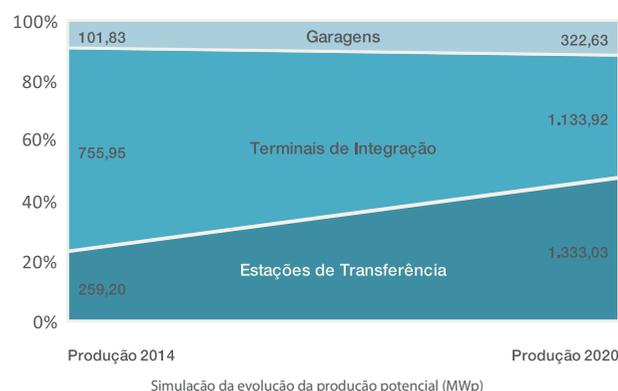


Figura 3: estimativa de evolução da produção potencial: cenário básico x cenário 2; Gráfico: Evolução na capacidade de captação da água pluvial, 2014 a 2020

7.4 Considerações

Há uma evidente lacuna entre este modelo teórico e possíveis modelos experimentais. Muitas funções calculadas comportaram-se de forma linear, ao passo que, em modelos experimentais, certamente vão se comportar de forma não linear. Isso não enfraquece a proposta de transformação de sistemas BRT em miniparques solares, mas evidencia a necessidade de futuras pesquisas de aprofundamento. Por ora, os resultados atendem aos objetivos propostos.

A revisão bibliográfica indicou que o ângulo ideal para a fixação dos painéis deve ser o alinhamento máximo favorável no inverno, obtido pela latitude local acrescida de um terço dessa latitude, e os painéis devem apontar para o norte verdadeiro. Em Belo Horizonte a latitude local é de 19°23", logo, a inclinação ideal seria de 26°03". Para os cálculos, todas as edificações foram consideradas uma unidade fixa. Posteriormente foram aplicados alguns fatores de correção estipulados em função da presença de árvores, viadutos e edifícios altos (o sombreamento parcial é tão prejudicial quanto o sombreamento total). Também considerou-se a localização em função do norte verdadeiro.

7.5 Recomendações

Na perspectiva de que futuras pesquisas experimentais sejam favoráveis ao desenvolvimento de programas de requalificação urbana por meio de miniusinas solares, recomenda-se que tais programas considerem a possibilidade de corte de árvores nas áreas próximas às estações, a preferência pelo plantio de arbustos, flores, grama e processos de compensação ambiental. Ao longo dos corredores, a implantação de sistemas para a irrigação dos canteiros, parques lineares e até mesmo áreas para a prática de agricultura urbana, com árvores frutíferas, deve ser considerada, com criterioso dimensionamento do volume do reservatório e demanda atendida, em função das características ambientais e geológicas locais (GARCIA et al., 2010), com reservatórios conectados à rede de abastecimento para compensações em períodos de longa estiagem. Esses sistemas visariam, exclusivamente, a corrigir a umidade do solo.

Em comparação aos diversos sistemas BRT em operação, observa-se que aqueles que possuem edificações com coberturas curvas tendem a possuir menor eficiência energética ou a ter o corpo arquitetônico prejudicado. Para isso, em um futuro projeto de desenvolvimento, deve-se considerar a elaboração de módulos fotovoltaicos mais esbeltos. Para evitar que intempéries ou ações de vandalismo possam danificar os módulos (que é a parte mais cara do sistema, cerca de 60% do total), estes deverão possuir maior espessura do vidro e película protetora. Quanto ao sobrepeso da cobertura, os módulos poderiam ser empregados em substituição às telhas metálicas.

8. Conclusões

Os desafios e as incertezas que envolvem a completa implantação do PlanMob-BH - meta a ser alcançada em 2020 - foram encarados como estímulos ao desenvolvimento de soluções que possam contribuir para a transformação de cidades sustentáveis. A obtenção de informações pontuais sobre o sistema BRT local foi um grande desafio, devido principalmente à burocracia pública e ao prazo em que a pesquisa foi desenvolvida (tive conhecimento do prêmio a exatos 32 dias do término do prazo de inscrição). Mas ainda assim foi possível levantar as informações para melhor conceituar a possibilidade de implantação dessas miniusinas solares.

Os dados extraídos indicam o grande potencial que os BRTs possuem para ser muito mais que somente uma alternativa para a questão da mobilidade. Tecnicamente, é possível o desenvolvimento de equipamentos otimizados para tal finalidade, o que poderia viabilizar a proposta apresentada. Por sua vez, análises de viabilidade econômica devem incluir a lógica de que, em termos de sustentabilidade, a humanidade sempre vai tentar amortizar a nossa dívida com a natureza. A rápida expansão tecnológica e mercadológica imposta pelos novos paradigmas vai possibilitar que futuras pesquisas se beneficiem de processos mais eficientes e econômicos de geração fotovoltaica.

A escolha de Belo Horizonte, dentro das opções selecionadas, demonstrou grande adaptabilidade à realidade de outras cidades. Espera-se, sinceramente, que essa pesquisa seja aprofundada para melhor conhecimento do real potencial energético de sistemas BRT. E mesmo que resultados futuros inviabilizem a implantação de miniusinas solares, nos moldes apresentados, pode-se trabalhar para permitir que tais estruturas funcionem como “aliviadores de tensão”, visando à redução do pico de demanda diurno das redes de distribuição.

O País ocupa posição privilegiada na utilização de energias renováveis. O grande desafio para as próximas décadas vai ser amplificar ações e projetos que contribuam para a qualidade de vida nas cidades, pois “na medida em que a sustentabilidade se torna cada vez mais importante tanto para as cidades quanto para o planeta, a pergunta que se faz não é se as cidades vão fazer isso, mas quais serão as primeiras a fazer? E quais farão melhor?” (IBM, 2008). Para os objetivos propostos, a pesquisa apresentou resultados satisfatórios. Resta conhecer quais serão os resultados em uma futura pesquisa experimental. A exemplo de Curitiba, possuímos a possibilidade de novamente inovar em sistemas de transporte público e, apesar dos percalços enfrentados para a realização de grandes obras necessárias ao desenvolvimento das cidades, observadores externos estão atentos ao que podemos oferecer. “O Brasil está se tornando um líder mundial no trabalho de estabelecer um novo e alto padrão de desenvolvimento urbano e industrial sustentável” (WEISS, 2009)⁷ e este trabalho descortinou novas perspectivas para a consolidação de cidades sustentáveis.

9. Referências Bibliográficas

ALTAMIRANO, Gilmar; AMARAL, José Roberto Andrade e SILVA, Paulo Sérgio. *Calçadas Verdes e Acessíveis Melhoram a Mobilidade, a Permeabilidade e Embelezam a Paisagem Urbana*. 1ª ed. São Paulo: A9 Editora, 2008.

BELO HORIZONTE. *Lei Nº 10.134, de 18 de março de 2011 - Política Municipal de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte*. Lei Regulamentar. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://bit.ly/n8PeMc>>.

BELO HORIZONTE. *Planejamento Estratégico de Belo Horizonte 2030*. Belo Horizonte: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://bit.ly/qNmVKZ>>.

Center for Advanced Infrastructure and Transportation (CIAT). *A Solar Powered Bus Stop System*. Rutgers: Rutgers State University, 2006. Disponível em: <<http://bit.ly/ntUa3g>>.

⁷ Marc Weiss, presidente da Global Urban Development

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). *Prêmio Jovem Cientista - Cidades Sustentáveis: Caderno do Professor*. Brasília: CNPq, 2011. Disponível em: <<http://bit.ly/18UWbC>>.

Conferência Digital Life Design 2007. *Agenda Verde de Norman Foster*. Vídeo, Munique: TED Partner Series, 2007. Disponível em: <<http://bit.ly/dUwACr>>.

COSTA, Marcela da Silva. *Mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 2003. Disponível em: <<http://bit.ly/pTwpCz>>.

Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S.A. (BHTRANS). *Balanço da Mobilidade Urbana de Belo Horizonte 2010*. Belo Horizonte: BHTrans, 2010. Disponível em: <<http://bit.ly/n8KvFI>>.

BHTRANS - Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S.A. *Informações Técnicas - Estação Pampulha e Estação São José*. Belo Horizonte: BHTRANS, 2010.

Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S.A. (BHTRANS). *Manual de Medidas Moderadoras de Tráfego*. Belo Horizonte: BHTrans, 2008. Disponível em: <<http://bit.ly/qT1sNp>>.

Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S.A. (BHTRANS). *Experiencia y Desafio en la Implantación del BRT en Belo Horizonte, Brasil*. Guayaquil: Congreso SIBRT, 2011. Disponível em: <<http://slidesha.re/mRnMbK>>.

Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S.A. (BHTRANS). Logit Engenharia Consultiva. *Plano de Mobilidade de Belo Horizonte - Apresentação de Resultados Finais*. Belo Horizonte: BHTrans, 2010. Disponível em: <<http://bit.ly/pmoxDM>>.

FALCÓN, Antoni. *Espacios Verdes para una Ciudad Sostenible*. 1ª ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.

FRANCO, Pedro Rocha. "BH está entre as piores cidades do mundo em mobilidade" in *Estado de Minas*. Belo Horizonte: 2009. Disponível em: <<http://bit.ly/8Yblas>>.

GARCIA, Ana Paula; SILVA, Audenice; KIPERSTOK, Asher e COHIM, Eduardo. *Dimensionamento de Reservatório para Captação de Água de Chuva para Irrigação - Água de Chuva: Pesquisas, Políticas e Desenvolvimento Sustentável*. In 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Belo Horizonte: 2007. Disponível em: <<http://bit.ly/pF9NX3>>.

GÓMEZ, José Félix. *Relatório da Visita Técnica ao Projeto BRT da Cidade de Belo Horizonte*. Bogotá: Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP), 2010. Disponível em: <<http://bit.ly/pCMEx9>>.

GREENPEACE Internacional; EREC - Conselho Europeu de Energia Renovável (EREC). *[R]evolução Energética - Perspectivas para uma energia global sustentável*. São Paulo: Greenpeace, 2007. Disponível em: <<http://bit.ly/6AzjP>>.

Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA). *A Bicicleta e as Cidades: como inserir a bicicleta na política de mobilidade urbana*. São Paulo: IEMA, 2010. Disponível em: <http://bit.ly/pBixB5>.

Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP). *Manual de BRT (Bus Rapid Transit) - Guia de Planejamento*. Brasília: Ministério das Cidades, 2008. Disponível em: <<http://bit.ly/psNEdz>>.

JACOBS, Jane. *Morte e Vida de Grandes Cidades*. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

LONDRES. *The London - Plan Spatial Development Strategy for Greater London*. Londres: Greater London Authority, 2009. Disponível em: <<http://bit.ly/6NZt5l>>.

LOPES, Valquiria. "Nem a Copa desata os nós da Pedro II" in *Estado de Minas*. Belo Horizonte: 2011. Disponível em: <<http://bit.ly/nQmenK>>.

Metropolitan Transportation Authority (MTA). *Greening Mass Transit & Metro Regions: The Final Report of the Blue Ribbon Commission on Sustainability and the MTA*. Nova Iorque: MTA, 2009, Disponível em: <<http://bit.ly/rcP3fp>>.

Ministério de Minas e Energia (MME). *Relatório do Grupo de Trabalho em Sistemas Fotovoltaicos*. Brasília: MME, 2009. Disponível em: <<http://bit.ly/mZ7m42>>.

NICOL, Fergus; ROAF, Sue e CRICHTON, David. *Adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas*. 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

NTU - Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. *Anuário NTU 2009 - 2010*. Brasília: NTU, 2010. Disponível em: <<http://bit.ly/o7zO9T>>.

PEREIRA, Enio Bueno; MARTINS, Fernando Ramos; ABREU, Samuel Luna de e RÜTHER, Ricardo. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. 1ª ed. São José dos Campos: INPE, 2006.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. *A Arquitetura Bioclimática do Espaço Público*. 1ª ed. Brasília: UnB, 2005.

ROTH, Matthew. "Mayor Newsom and MTA Cut Ribbon on New Solar Bus Shelters" *Streets Blog SF*, 2009: Disponível em: <<http://bit.ly/MnNO>>.

RÜTHER, Ricardo. *Edifícios Solares Fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil*. 1ª ed. Florianópolis: Labsolar/UFSC, 2004. Disponível em: <<http://bit.ly/nXtBeC>>.

TED 2007. *O Canto da Cidade de Jaime Lerner*. Vídeo, Monterey: TED Conferences, 2007. Disponível em: <<http://bit.ly/VLrbM>>.

TRANSMILENIO S.A. *Visão Integrada de Ciudad*. Bogotá: TransMilenio, 2010. Disponível em: <<http://bit.ly/rmxkIO>>.

URBS - Urbanização de Curitiba S.A. *Rede Integrada de Transporte (RIT)*. Curitiba: Prefeitura Municipal de Curitiba, 2010, Disponível em: <<http://bit.ly/2teT34>>.

VARGAS, Heliana Comin e CASTILHO, Ana Luisa Howard de. *Intervenções em Centros Urbanos - Objetivos, Estratégias e Resultados*. 2ª ed. Barueri: Manole, 2008.



20
LUGAR

**CATEGORIA ESTUDANTE
DO ENSINO SUPERIOR**

Diminuição do Impacto Ambiental dos Resíduos Sólidos Municipais: Caracterização e Quantificação de Filmes Plásticos Rejeitados na Reciclagem Comercial e Sua Utilização em Biocompósitos

Autor:

Cibele Rosa Oliveira
(cibele@debiq.eel.usp.br)

Orientador:

Adilson Roberto Gonçalves
(priadi@uol.com.br)

Instituição de Vínculo:

Universidade de São Paulo (USP)

1. Introdução

Com o crescimento da população e a melhora dos padrões de vida, a gestão dos resíduos municipais tem se tornado um problema cada vez maior. Numa cultura capitalista, em que o consumismo está longe de ser uma prática sustentável, a solução para o volume de resíduos gerados e sua heterogeneidade torna-se um grande desafio.

No Brasil, a maior parte dos resíduos sólidos gerados é despejada em vazadouros a céu aberto (lixões) e em aterros sanitários (IBGE, PNSB, 2008). Anualmente, milhões são gastos com a coleta, o transporte, a mão de obra e a manutenção dos aterros, sem contar os danos ambientais oferecidos por esse sistema.

A coleta seletiva dos materiais recicláveis ainda enfrenta dificuldades, uma vez que, para se alcançar bons resultados nos sistemas de reciclagem, é preciso que os resíduos sejam separados na fonte, o que exige a conscientização da população, operadores qualificados e uma sensibilização das autoridades para que haja investimentos, como empréstimos e redução de impostos para as empresas recicladoras. (SUTTIBAK et al., 2008).

Nos países desenvolvidos a reciclagem ainda enfrenta os altos custos de mão de obra, o que resulta na busca de novas soluções, como os processos térmicos e biológicos.

Os processos térmicos, são viáveis para resíduos de alto poder calorífico.

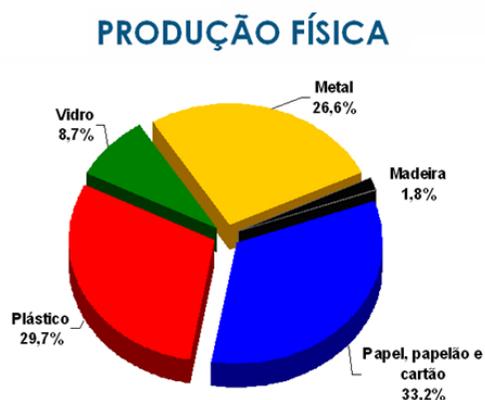
Já os processos biológicos dependem de uma separação prévia, uma vez que os materiais inertes (plásticos, metais e outros rejeitos) influenciam negativamente nos processos de compostagem (KUMAR et al., 2011).

No Brasil, nem todo material que pode ser reciclado é coletado nas ruas. Em razão da facilidade de transporte e da conveniência financeira, os materiais de maior interesse são latas de alumínio, garrafas PET, vidro, metais e papelão. Um estudo feito recentemente na Tailândia, país com contexto socioeconômico semelhante ao do Brasil, comprova essa mesma realidade (SUTTIBAK et al., 2008). Vale a pena lembrar que cada programa de reciclagem é sujeito ao seu contexto local, levando em conta a situação demográfica, fatores políticos e culturais (TIMLETT e WILLIANS, 2008).

Portanto, fazendo uma análise dos resíduos sólidos municipais (RSM), podemos comprovar que muitos materiais recicláveis, de pouco interesse para a reciclagem comercial, são descartados juntamente com os resíduos orgânicos, interferindo no processo de compostagem, aumentando o volume depositado nos aterros e deixando de ser reutilizados. Quanto mais desenvolvido o país ou quanto mais alta a classe social, menor é a proporção de resíduos orgânicos compostáveis e maior a de recicláveis papel, papelão, vidro, metais e plásticos (CEMPRE, 2011).

1.1 Composição dos RSMs

As embalagens compõem a maioria dos RSMs, não compostáveis e de pouco interesse para a reciclagem comercial. No Brasil, no ano de 2010, a indústria de embalagens obteve um faturamento de R\$ 40,5 bilhões segundo a Pesquisa Industrial Anual (PIA) 2008, do IBGE, número que vem crescendo anualmente devido à demanda gerada pelo alto consumo. Do total de embalagens produzidas, 33,2% são papéis. Em seguida vêm os materiais plásticos, que representam 29,7% da produção total.



Participação de cada segmento na indústria de embalagem.
Fonte: IBGE

Figura 1. Participação de cada segmento na indústria de embalagem - IBGE

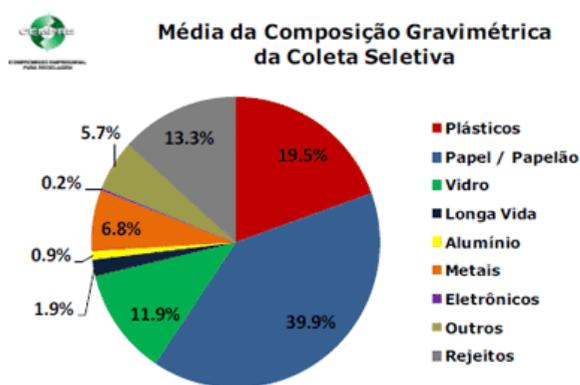


Figura 2 - Composição gravimétrica da Coleta Seletiva - Pesquisa Ciclossoft 2010

Ainda segundo a PIA 2008, desse total, são reciclados 46% de papel, 80% de papelão, 55,6% de garrafas PET e 21,2% de outros plásticos.

Uma pesquisa feita recentemente em 433 municípios brasileiros revela que os resíduos orgânicos - restos vegetais e animais e restos de jardinagem - representam 60% dos RSMs coletados, enquanto os materiais recicláveis podem ser representados pelo gráfico a seguir, confirmando a proporção entre embalagens produzidas e os resíduos gerados (Cempre - Pesquisa Ciclossoft 2010).

1.1.1 Materiais plásticos

Plásticos são materiais formados pela união de grandes cadeias moleculares chamadas polímeros, que, por sua vez, são formados por moléculas menores, chamadas monômeros. Os plásticos são produzidos por meio de um processo químico chamado polimerização, que proporciona a união química de monômeros para formar polímeros.

A matéria-prima dos plásticos é o petróleo. Este é formado por uma complexa mistura de compostos. Pelo fato de estes compostos possuírem diferentes temperaturas de ebulição, é possível separá-los por meio de um processo conhecido como destilação ou craqueamento.

A fração nafta é fornecida para as centrais petroquímicas, onde passa por uma série de processos, dando origem aos principais monômeros, como, por exemplo, o eteno.

Os diversos tipos de plásticos são utilizados em quase todos

os setores da economia, tais como: construção civil, agrícola, de calçados, móveis, alimentos, têxtil, lazer, telecomunicações, eletroeletrônicos, automobilísticos, médico-hospitalar e distribuição de energia.

O setor de embalagens para alimentos e bebidas vem se destacando pela utilização crescente dos plásticos, em função de suas excelentes características, entre elas: transparência, resistência, leveza e atoxidade.

Os plásticos são classificados por suas resinas poliméricas e se dividem basicamente em:

Polietileno tereftalato (PET)

Produtos: frascos e garrafas para uso alimentício/hospitalar, cosméticos, bandejas para microondas, filmes para áudio e vídeo, fibras têxteis, etc.

Benefícios: transparente, inquebrável, impermeável, leve.

Polietileno de alta densidade (PEAD)

Produtos: embalagens para detergentes e óleos automotivos, sacolas de supermercados, garrafeiras, tampas, tambores para tintas, potes, utilidades domésticas, etc.

Benefícios: inquebrável, resistente a baixas temperaturas, leve, impermeável, rígido e com resistência química.

Policloreto de vinila (PVC)

Produtos: embalagens para água mineral, óleos comestíveis, maioneses, sucos. Perfil para janelas, tubulações de água e esgotos, mangueiras, embalagens para remédios, brinquedos, bolsas de sangue, material hospitalar, etc.

Benefícios: rígido, transparente, impermeável, resistente à temperatura e inquebrável.

Polietileno de baixa densidade (PEBD) e Polietileno linear de baixa densidade (PELBD)

Produtos: sacolas para supermercados e lojas, filmes para embalar leite e outros alimentos, sacaria industrial, filmes para fraldas descartáveis, bolsa para soro medicinal, sacos de lixo, etc.

Benefícios: flexível, leve, transparente e impermeável.

Polipropileno (PP)

Produtos: filmes para embalagens e alimentos, embalagens industriais, cordas, tubos para água quente, fios e cabos, frascos, caixas de bebidas, autopeças, fibras para tapetes e utilidades domésticas, potes, fraldas e seringas descartáveis, etc.

Benefícios: conserva o aroma, é inquebrável, transparente, brilhante, rígido e resistente a mudanças de temperatura.

Poliestireno (PS)

Produtos: potes para iogurtes, sorvetes, doces, frascos, bandejas de supermercados, geladeiras (parte interna da porta), pratos, tampas, aparelhos de barbear descartáveis, brinquedos, etc.

Benefícios: impermeável, inquebrável, rígido, transparente, leve e brilhante.

Outros

Neste grupo encontram-se, entre outros, os seguintes plásticos: ABS/SAN, EVA e PA.

Produtos: solados, autopeças, chinelos, pneus, acessórios esportivos e náuticos, plásticos especiais e de engenharia, CDs, eletrodomésticos, corpos de computadores, etc.

Benefícios: flexibilidade, leveza, resistência à abrasão, possibilidade de design diferenciado. (REVIVERDE, 2011)

1.1.2 Plástico filme

Plástico filme é uma película plástica, normalmente usada como sacola de supermercado, saco de lixo, embalagem de alimentos, lona agrícola e proteção de alimentos na geladeira ou microondas.

A resina de polietileno de baixa densidade (PEBD) e a de polipropileno (PP) são as mais usadas no Brasil, correspondendo cada uma a 23% dos polímeros consumidos no mercado brasileiro de plástico (Cempre).

Abandonados em vazadouros, esses sacos plásticos impedem a passagem da água - retardando a decomposição dos materiais biodegradáveis - e dificultam a compactação dos detritos (TRIGUEIRO, 2003). Segundo o Programa Ambiental das Nações Unidas, existem 46 mil fragmentos de plástico em cada 2,5 quilômetros quadrados da superfície dos oceanos. Isso significa que a substância já responde por 70% da poluição marinha por resíduos sólidos (NEIVA e LIMA, 2008).

1.2 A coleta seletiva e a reciclagem

A reciclagem é um processo físico-mecânico que converte os materiais descartados (lixo ou matéria-prima secundária) em produto semelhante ao inicial ou outro. Reciclar é economizar energia, poupar recursos naturais e trazer de volta ao ciclo produtivo o que é jogado fora. Na reciclagem, os resíduos são coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de bens antes feitos com matéria-prima virgem. Dessa forma, os recursos naturais ficam menos comprometidos.

O Brasil tem tradição em reciclar diversos materiais com alto nível de reaproveitamento e em igualar ou ultrapassar as taxas obtidas pelos países industrializados. Aproximadamente 95% das latas de alumínio e 55% das garrafas PET são recicladas. Cerca de metade de todo o papel e vidro é reaproveitada. A reciclagem no Brasil gera em torno de US\$ 2 bilhões e evita a emissão de 10 milhões de toneladas de gases de efeito estufa. Apesar dessa conquista, materiais recicláveis com valor de US\$ 5 bilhões ainda vão para os aterros. A reciclagem total corresponderia a 0,3% do PIB. O gerenciamento de resíduos e a reciclagem empregam mais de 500 mil pessoas no Brasil - a maior parte como catadores individuais em trabalhos informais, com ganhos baixos e instáveis e em más condições.

Com iniciativas de governos locais, cerca de 60 mil catadores organizaram-se em cooperativas ou associações e atuam de maneira formal, com contrato de trabalho. Seus rendimentos são mais de duas vezes superiores aos dos catadores individuais, o que retira suas famílias da pobreza. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - estabelecida por uma lei de 2 de agosto de 2010 - procura elevar esse potencial. Ela regula a coleta, a disposição final e o tratamento dos resíduos urbanos, industriais e perigosos no Brasil (Pnuma ONU, 2011).

No entanto, diversos materiais deixam de ser reciclados devido à falta de: informação em relação a possíveis tecnologias de reciclagem, mercado reciclador e consumidor, estímulo regional, rede logística que possibilite a reciclagem ou simplesmente um contato comercial que viabilize o processo.

Os plásticos recicláveis são: potes de todos os tipos, sacos de supermercados, embalagens para alimentos, vasilhas, recipientes e artigos domésticos, tubulações e garrafas PET, que, convertidas em grânulos, são usadas para a fabricação de cordas, fios de costura, cerdas de vassouras e escovas.

Os não recicláveis são: cabos de panela, botões de rádio, pratos, canetas, bijuterias, espuma, embalagens a vácuo, fraldas descartáveis.

A reciclagem de plásticos apresenta muitas vantagens. Quando reciclamos, reduzimos o volume final dos resíduos e os consequentes problemas da sua disposição final. Além disso, a recuperação dos resíduos e sua reutilização asseguram a economia de matérias-primas e de energia.

Isso pode ser entendido como uma alternativa para as oscilações do mercado abastecedor e

também como preservação dos recursos naturais, o que pode reduzir, inclusive, os custos das matérias-primas.

O plástico reciclado tem infinitas aplicações, tanto nos mercados tradicionais das resinas virgens quanto em novos mercados.

O plástico reciclado pode ser utilizado para a fabricação de:

- garrafas e frascos, exceto para contato direto com alimentos e fármacos;
- baldes, cabides, pentes e outros artefatos produzidos pelo processo de injeção;
- madeira plástica;
- cerdas, vassouras, escovas e outros produtos que sejam produzidos com fibras;
- sacolas e outros tipos de filmes;
- painéis para a construção civil.

A reciclagem do plástico exige cerca de 10% da energia utilizada no processo primário.

1.3 Reciclagem do plástico filme

Após ser separado do lixo, o plástico filme é enfardado para a reciclagem. Na recicladora, o material passa pelo aglutinador, uma espécie de batedeira de bolo, grande, que aquece o plástico pela fricção de suas hélices, transformando-o em uma espécie de farinha. Em seguida, é aplicada pouca água para provocar um resfriamento repentino, que resulta na aglutinação: as moléculas dos polímeros se contraem, aumentando sua densidade e transformando o plástico em grãos.

Assim, ele passa a ter peso e densidade suficientes para descer no funil da extrusora, a máquina que funde o material e o transforma em tiras.

Na última etapa, ele passa por um banho de resfriamento e é picotado em grãos chamados “pellets”, que são ensacados e vendidos para fábricas de artefatos plásticos (CEMPRE, 2011).

1.4 Compósitos

A definição tradicional de um compósito é um material com pelo menos duas fases: uma fase contínua e uma fase dispersa. A fase contínua é responsável pelo recheio e volume e tem a função de transferir carregamento à fase dispersa. A fase dispersa é usualmente responsável pelo aumento de uma ou mais propriedades do compósito. Muitos dos compósitos atingem um melhoramento das propriedades mecânicas, como dureza e resistência, embora outras propriedades de interesse

também possam ser atingidas, como estabilidade térmica, elétrica e baixa densidade (MANO, J.F. et al., 2004).

Estudos recentes indicam que os compósitos de fibras naturais são superiores ambientalmente em relação a fibras sintéticas, especialmente à fibra de vidro. Os componentes podem ter destinos finais semelhantes após o uso, como reciclagem e incineração. No entanto, a incineração de componentes com fibras naturais consome menos energia (45%) em relação a componentes com fibras de vidro, resultando em menores emissões de gases na atmosfera (JOSHI et al., 2004). Além disso, é possível a biodegradação, pois o ataque de microrganismos e fungos é mais favorável devido à presença das fibras naturais dentro dos polímeros (SILVA, J.L.G.; AL-QURESHI, 1999).

1.4.1 Processamento e obtenção dos compósitos

A temperatura de decomposição da fração celulósica define o limite superior da temperatura de processamento dos compósitos, permitindo que as quatro principais *commodities* plásticas (PE, PP, PVC e PS) sejam usadas sem problemas (LUZ, 2007).

O processamento via fusão consiste em uma profunda incorporação das fibras dispersas na matriz termoplástica, como resultado de um processo de mistura acima da temperatura de fusão do polímero. A mistura resultante pode ser processada, subsequentemente, para a fabricação de diversos produtos, utilizando-se de técnicas bem conhecidas como extrusão, injeção, protrusão e termoformagem (BALATINECZ; WOODHAMS, 1993).

A extrusão é o processo de aplicar calor e pressão para derreter uma resina e forçá-la, por meio de um orifício, para continuamente produzir formas, como filmes, lâminas, canos e outros formatos (KILLOUGH, 1996).

Outra técnica é o uso de um misturador termocinético de alta rotação (sistema batelada). Aqui, a fonte de aquecimento é gerada pela energia cinética da alta rotação das palhetas.

No processo de injeção, os compostos são aquecidos, derretidos e homogeneizados, formando um líquido viscoso. O líquido viscoso é então forçado em um molde relativamente frio, resfriado e ejetado do molde como uma peça pronta. O peso da peça injetada varia de poucos gramas até quilogramas, dependendo do molde e da máquina injetora. Um dos parâmetros-chave no processo de injeção é a viscosidade do líquido fundido, sendo forçado por meio dos orifícios de entrada para o molde (TOBIN, 1996).

1.5 O município de Lorena (SP)

Lorena é um município brasileiro do Estado de São Paulo, na mesorregião do Vale do Paraíba. Sua população estimada é de 82.770 residentes. Sua área é 414 km², com densidade demográfica de 211,4 hab/km² (CENSO IBGE 2010).

Lorena, assim como outras cidades vizinhas, não possui aterro sanitário e despeja seus RSMs no aterro sanitário de Cachoeira Paulista, o que gera um gasto muito alto para o município. Segundo informações da prefeitura municipal, 55 toneladas de RSMs são coletados na cidade, diariamente.

Além disso, Lorena não possui nenhum sistema eficiente de coleta seletiva. A cidade conta apenas com uma cooperativa de catadores e alguns pontos informais de compra e venda de materiais recicláveis.

2. Objetivos

Este trabalho tem por objetivo realizar o mapeamento dos resíduos sólidos urbanos no município de Lorena (SP), quantificando-os e classificando-os, a fim de propor o uso de filmes plásticos que compõe os resíduos sólidos urbanos e que são de pouco interesse para a reciclagem comercial na obtenção de compósitos, utilizando fibras celulósicas de bagaço de cana-de-açúcar como reforço.

Estes compósitos serão obtidos por meio de dois métodos de mistura (misturador termocinético e extrusão), em diferentes proporções de materiais celulósicos e poliméricos.

3. Materiais e métodos

3.1 Caracterização dos resíduos sólidos municipais

3.1.1 Coleta de RSMs no município de Lorena (SP)

Para caracterização dos RSMs, a cidade de Lorena foi dividida em quatro regiões, baseando-se nos dias e horários de coletas de resíduos, realizadas pela prefeitura municipal.

Definidos os pontos representativos, as coletas foram feitas com o apoio de um carro cedido pela Universidade de São Paulo. Em cada região foram coletadas amostras, em domicílios representativos de cada região, somando um total de 39 amostras.

As amostras de RSMs coletadas foram colocadas em sacos plásticos de 50 litros e identificadas por uma numeração sequencial, correspondente a um cadastro de cada domicílio.

3.1.2 Quantificação e separação dos RSUs

Os RSMs de cada amostra foram separados manualmente e quantificados, utilizando-se uma balança (Filizola BP15) com precisão de três casas decimais. Após a separação e a quantificação, descartaram-se as amostras, guardando-se apenas os filmes plásticos.

3.1.3 Limpeza dos filmes plásticos e determinação de umidade

Os filmes plásticos foram lavados com uma solução de hipoclorito de sódio e detergente em água e foram secos em estufa a 50 graus C por 48 horas. Os filmes limpos e secos foram novamente pesados para determinação do porcentual de sujeira e umidade.

3.1.4 Quantificação e separação dos filmes plásticos

Os filmes plásticos limpos e secos foram separados e quantificados, de acordo com suas resinas poliméricas.

3.2 Obtenção dos compósitos

3.2.1 Matriz

Como matriz dos compósitos foram utilizadas aparas de filmes de polietileno, gentilmente fornecidos pela empresa Tecnoval. Os filmes foram picados e secos em estufa a 80 graus C por uma hora.

3.2.2 Fibras *in natura*

O bagaço de cana-de-açúcar utilizado no trabalho foi gentilmente fornecido pela Usina Vale do Rosário, hoje Santa Vale, localizada em Morro Agudo (SP). As fibras de bagaço de cana-de-açúcar foram lavadas com água e secas em estufa a 80 graus C por três horas.

3.2.3 Processamento em homogenizador de plásticos de laboratório (misturador termocinético)

Para a obtenção dos compósitos, os materiais secos foram pesados obedecendo as proporções de 5% a 25% (m/m) de fibras. Foram preparadas cerca de 500 gramas (g) de cada material compósito (filmes de polietileno/bagaço) em bateladas de 50 g (capacidade da cápsula bipartida do



Figura 3. Filmes plásticos utilizados na obtenção dos compósitos



Figura 4. Bagaço de cana-de-açúcar utilizado na obtenção dos compósitos

misturador termocinético) no misturador termocinético (modelo MH- 50H) a 5250 RPM. Após a mistura, o material fundido passou entre rolos de aço inox e, em seguida, foi resfriado com imersão em água. Depois de secos, os compósitos foram moídos em moinho granulador (Rone) até tamanho aproximado de 13 mm (LUZ, 2007).

3.2.4 Processamento em extrusora monorosca

A pré-mistura foi adicionada lentamente ao funil da extrusora, por meio de sistema de alimentação forçada, fazendo com que o material passasse inteiramente pelo conjunto de roscas por quatro zonas de temperatura (165,160,155,150 graus C), com uma rotação de 35 RPM.

Foram obtidos 500 g de cada compósito extrudado. Como a mistura foi feita em extrusora monorosca, a olho nu, inicialmente o compósito pode não ser homogêneo. A fim de garantir a homogeneidade, foi feito um controle da massa adicionada de fibras e polímeros, cuidando-se para que o material passasse inteiramente pela extrusora. Os fios extrudados (macarrões) foram granulados e misturados de forma a se obter compósitos homogêneos (LUZ, 2007).

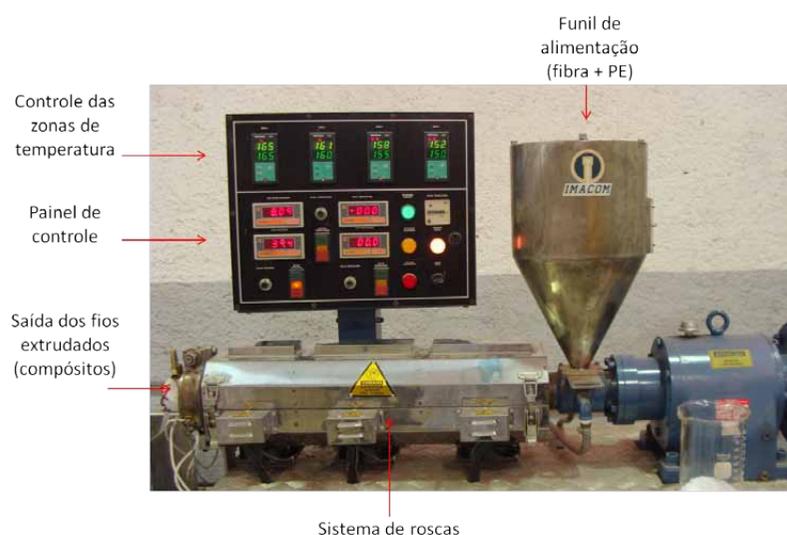


Figura 5. Detalhamento da extrusora para processamento dos compósitos e fibras/ PE

completa homogeneização e obtenção dos corpos de prova. A injetora Jasot é um equipamento de porte médio, com capacidade de fechamento de 130 ton. A rosca possui três zonas de aquecimento e pode injetar peças de até 300 g. A injetora é munida com um *software* da empresa (Solares-JST 15102), podendo ser operada nos modos manual, semiautomático e automático.

3.2.5 Processamento em injetora

Os compósitos pré-misturados foram processados em uma injetora Jasot, modelo IJ -300/130 ton (figura 6), para



Figura 6. Injetora Jasot IJ -300

4. Resultados e discussão

4.1 Coleta de RSMs

Para a caracterização dos RSMs, dividiu-se a cidade de Lorena em quatro regiões, baseando-se nos dias e horários de coletas de resíduos, realizadas pela prefeitura municipal. Foram coletadas 39 amostras de RSMs nos pontos representados no mapa da figura 7.

4.2 Quantificação e separação dos RSMs

Após a coleta das amostras, cada uma delas foi separada de acordo com sua composição. De maneira geral, as amostras de RSMs apresentaram composições semelhantes. Portanto, separou-se os RSMs em:

- papéis/papelão;
- embalagens plásticas (embalagens rígidas, garrafas, etc.);
- resíduos orgânicos (resíduos de varrição, papel higiênico, guardanapos, papel absorvente, folhas e fezes de animais);
- metais (lacs, latinhas de alumínio, etc.);
- isopor;
- rejeitos (fraldas descartáveis, tecidos, espumas, etc.);
- filmes plásticos (sacos de lixo, sacolas, etc.).



Figura 7. Mapa dos pontos de coleta das amostras de RSMs



Figura 8. Caracterização dos RSMs (amostra 19)

4.2.2 Caracterização dos RSMs por grupos representativos economicamente

Para avaliar a variabilidade da composição dos RSMs de acordo com o nível econômico de cada região, as amostras foram divididas em três grupos representativos. Alguns fatores como valorização imobiliária, posse de bens e poder aquisitivo foram considerados para diferenciar esses três grupos, baseando-se no método adotado pelo sistema Critério de Classificação Econômica Brasil, que define as classes econômicas, a fim de estimar o poder de compra das pessoas e famílias urbanas (Datavale). Os grupos 1, 2 e 3 representam respectivamente os níveis sociais em ordem decrescente.

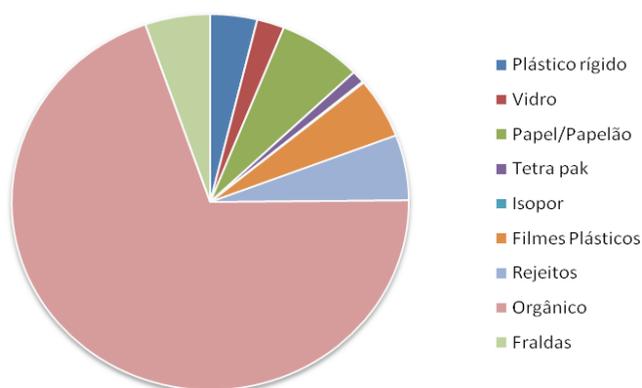


Figura 9. Quantificação dos RSMs

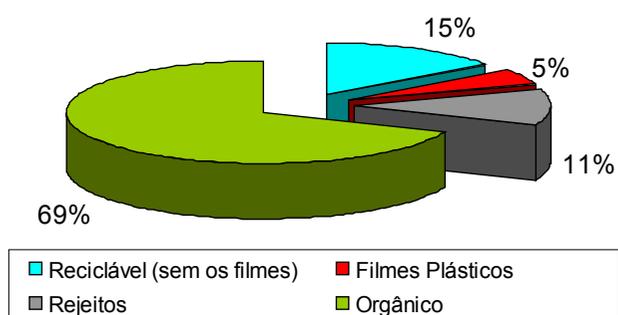


Figura 10. Porcentual de recicláveis, rejeitos, filmes plásticos e materiais orgânicos

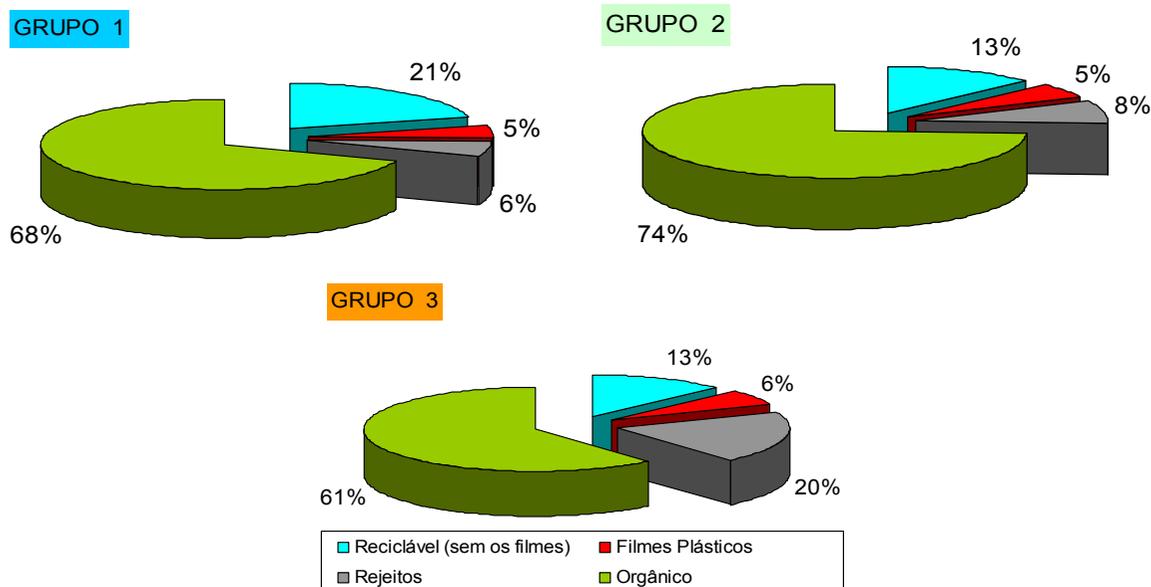


Figura 11. Caracterização dos RSMs por grupos representativos economicamente.

Mesmo com composição distinta, especialmente quanto à parte orgânica e aos rejeitos, a porcentagem de filmes plásticos é muito semelhante, independente dos grupos sociais.

4.2.3 Caracterização da fração polimérica dos RSMs

Os filmes plásticos corresponderam a 5% m/m dos RSMs, valor confirmado na análise das 39 amostras analisadas.

Depois de quantificados, os filmes plásticos foram lavados com uma solução de hipoclorito de sódio e detergente em água e foram secos em estufa a 50 graus C por 48 horas. Os filmes limpos e secos foram novamente pesados para determinação do percentual de sujeira e umidade.

Os filmes plásticos limpos e secos foram separados e quantificados, de acordo com suas resinas poliméricas. Determinou-se que 91% dos filmes são de polietileno (PE) e 9% são compostos por polipropileno e outras resinas poliméricas.

O polietileno compõe a maioria dos filmes plásticos encontrados nos RSMs, sendo que 58% são filmes de PEAD, que correspondem às sacolinhas plásticas oferecidas pelo varejo e sacos de lixo, e 33% dos filmes são de PEBD, que compõe os filmes transparentes e saquinhos de leite, açúcar, congelados, etc.

Filmes plásticos nos RSU

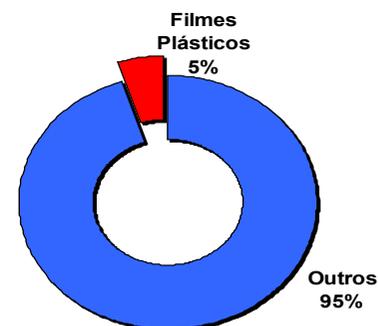


Figura 12. Representatividade dos Filmes Plásticos nos RSMs

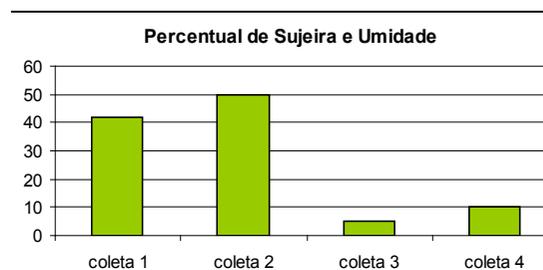


Figura 13. Porcentual de sujeira e umidade nos filmes plásticos

Composição dos filmes plásticos no RSMs



Composição dos Filmes Plásticos no RSM

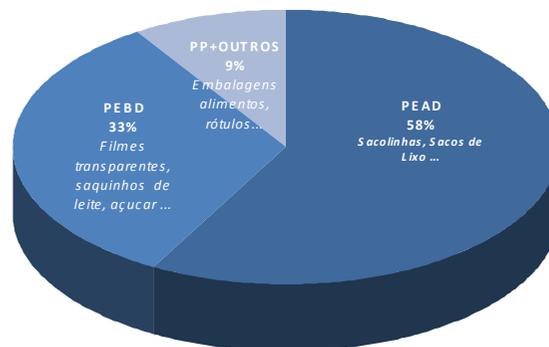


Figura 14. Composição dos filmes plásticos nos RSMs

4.3 Processos de obtenção dos compósitos

4.3.1 Preparação dos compósitos utilizando a extrusora monorosca

A extrusora monorosca da Imacom (modelo MR 25:30 IF) é uma extrusora de laboratório (figura 15). A seção de extrusão (roscas) possui quatro zonas de aquecimento (entrada, duas no centro e uma no bocal). A extrusora de laboratório é completa, contendo calha de refrigeração e granulador. No detalhe da figura 14 são mostrados o painel de controle, o funil de alimentação e a região de extrusão.



Figura 15. Extrusora.

A figura 16 mostra, em detalhe, o funil de alimentação da extrusora, que comporta o sistema de alimentação forçada, outro acessório muito importante para a pré-mistura entre a fibra e o termoplástico, cuja função é empurrar o material (fibra+ matriz) para dentro da rosca. Esse acessório foi importante, pois quando a pré-mistura foi adicionada ao funil, a matriz tendeu a entrar primeiro na extrusora, devido a sua maior densidade, resultando em problemas de mistura. Entretanto, com o uso do acessório esse problema foi resolvido, pois a pré-mistura foi forçada em conjunto pelo sistema. Compósitos reforçados com 5% a 25% (m/m) de fibras de bagaço foram obtidos conforme descrito na metodologia (item 3.2.3) Para os compósitos ficarem homogêneos foi necessário: a) pesar o material a ser adicionado na composição estipulada; b) adicionar a pré-mistura através do funil com o sistema de

alimentação forçada; c) assegurar que todo o material adicionado passasse inteiramente pela extrusora; e d) adicionar a mistura na injetora, a fim de melhorar a homogeneidade do compósito (LUZ, 2007).

Depois da saída da extrusora, os grânulos mostraram que a mistura, aparentemente, não ficou muito homogênea (figura 17), mas com o auxílio da injetora foi possível obter corpos de prova com distribuição homogênea das fibras dentro da matriz. Portanto, durante a extrusão há somente uma impregnação das fibras pelo polímero, fazendo-se o ajuste da composição e da homogeneidade durante a etapa de injeção.

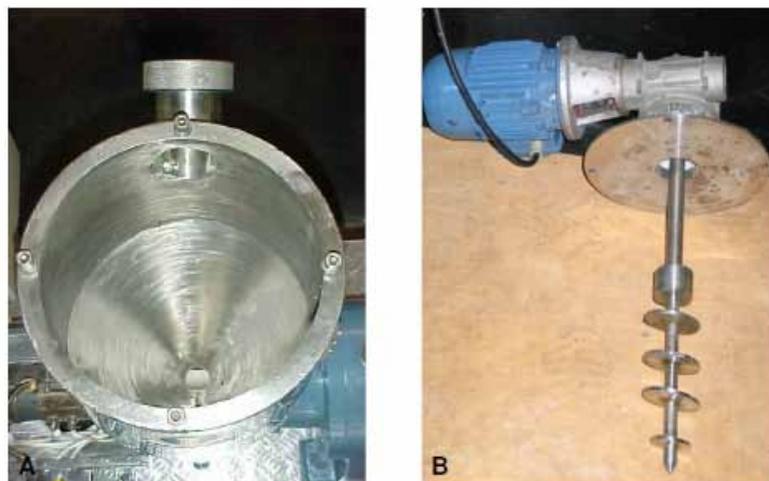


Figura 16. A) Funil de alimentação; B) Motor e rotor do sistema de alimentação forçada.

4.3.2 Preparação dos compósitos utilizando o misturador termocinético

Outro equipamento utilizado para misturar fibra e matriz foi o misturador termocinético (T). A figura 5.11 mostra o homogeneizador de plásticos de laboratório da MH Equipamentos (modelo MH-50 H), um misturador termocinético de alta intensidade. Dentro dele, a mistura ocorre dentro da cápsula bipartida (detalhe da figura 18), com arrefecimento a água. As palhetas de homogeneização giram com aproximadamente 2600 rpm na primeira velocidade e 5250 rpm na segunda.

Essas velocidades tornam o processo de homogeneização extremamente rápido. A primeira velocidade destina-se a apenas tirar o motor e o eixo do ponto de inércia, e na segunda ocorre a mistura. É nesse momento que o equipamento é desligado para que não ocorra degradação (queima) do material. Então, esses polímeros, com diferentes pontos de fusão ou amolecimento, chegam à temperatura necessária para se fundirem por causa do atrito. Retirando o material prontamente após a fusão, evita-se que a temperatura se eleve muito e ocorra a degradação térmica do material.



Figura 17 - Grânulos dos compósitos obtidos após extrusão



Figura 18. Homogenizador de plásticos de laboratório (misturador termocinético), e no detalhe, cápsula do compartimento de mistura.



Figura 19. Esquema de preparação dos compósitos BNT, utilizando o misturador termocinético.

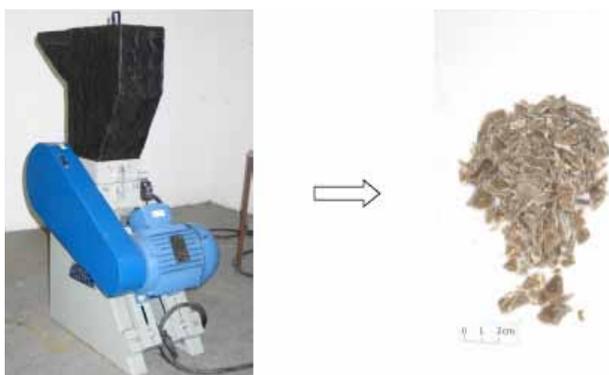


Figura 20. A) Moinho da Rone, onde os compósitos foram moídos; B) Compósito 15% (m/m) moído

A figura 19 (E) mostra a fibra e a matriz previamente pesadas, colocadas dentro da cápsula bipartida do misturador, e, na figura ao lado, é mostrado o material já misturado e fundido (etapas após velocidades 1 e 2). O material ainda “amolecido” é passado por um sistema de rolos (calandras) e imerso diretamente em água para resfriar o material compósito. As próximas etapas foram moagem (figura 20) e moldagem por injeção.

O tempo de mistura dos compósitos foi cronometrado e variou com a composição e/ou tipo de fibra. Em geral, para composições mais baixas, 5% e 10% (m/m), o tempo de mistura para os compósitos de bagaço e palha não ultrapassou 100 s e 200 s, respectivamente. Aumentando a composição de fibras, o tempo de mistura é mais elevado. Nos compósitos de bagaço, o tempo de mistura não ultrapassou 750 s.

Desta forma, o tempo de mistura está diretamente relacionado com o tamanho das fibras adicionadas. O aumento do tempo de mistura para uma maior quantidade de fibras se deve ao maior contato fibra/fibra, que faz com que a matriz não entre em contato direto com as palhetas da cápsula bipartida tão facilmente, propiciando assim a fusão da matriz e conseqüente incorporação da fibra. Os tempos de mistura elevados podem causar quebra excessiva e degradação térmica das fibras, afetando negativamente as propriedades intrínsecas dos compósitos.

4.3.3 Preparação dos corpos de prova utilizando a injetora

Na etapa de injeção foram obtidos compósitos mais homogêneos, na forma de corpos de prova. A injetora possui um molde contendo quatro cavidades, com dimensões específicas (normas ASTM) de corpos de prova para ensaios de tração, flexão, cisalhamento e impacto (figura 21).



Figura 21. Corpos de prova provenientes do molde instalado na injetora: 1 - Tração; 2 - Impacto; 3 - Flexão e 4 - Cisalhamento



Figura 22. Compósitos de polietileno reforçados com bagaço - 5%, 10%, 15%, 20% e 25% (m/m) - de fibras (esquerda para a direita), obtidos por meio da extrusora

5. Conclusões

Com os resultados obtidos na caracterização dos RSMs, é possível concluir que o número de amostras analisadas e o método de amostragem utilizados foram bastante representativos. Confirma-se que os RSMs são compostos majoritariamente por resíduos orgânicos 69%, seguidos pelos materiais recicláveis, onde os papéis são maioria, seguidos pelos filmes plásticos, que representam 5% m/m dos RSMs.

A determinação do percentual de sujeira e umidade dos filmes plásticos apresentou dados muito variados, não sendo possível determinar uma média precisa desses interferentes.

Caracterizando os filmes plásticos, conclui-se que 91% destes são compostos por polietileno e 9% são compostos por filmes de polipropileno e outras resinas especiais os chamados filmes técnicos.

Considerando que o município de Lorena, com uma população de cerca de 82 mil habitantes, produz hoje 55 toneladas diárias de RSM, é possível afirmar que o município produz, anualmente, 990 toneladas de filmes plásticos.

Quanto à obtenção dos compósitos, comprovou-se a possibilidade de se obter novos materiais a partir dos filmes plásticos rejeitados pela coleta seletiva, promovendo uma maior valorização desses resíduos. Compósitos semelhantes foram obtidos pelo nosso grupo de pesquisas e testados quanto às suas resistências mecânica e térmica e quanto à sua reciclabilidade, provando que os compósitos obtidos em misturador termocinético possuem maior resistência à tração do que os obtidos em extrusora. Os compósitos apresentaram estabilidade térmica intermediária entre a fibra e a matriz puras. Notou-se também que o tempo de mistura de fibra e matriz em misturador termocinético aumentou conforme aumentou também o teor das fibras adicionadas.

A reciclagem mecânica do compósito baseado em fibra de bagaço é possível, sem afetar muito

as suas propriedades de resistência mecânica. No entanto, a rigidez e a estabilidade térmica são afetadas consideravelmente, e para que os compósitos reciclados possam ser aplicados, sem nenhum prejuízo em termos de propriedades, deve ser empregado então um aditivo antitermoxidativo (LUZ, 2007).

O reaproveitamento dos filmes plásticos, com a reciclagem ou na obtenção de compósitos, geraria uma série de benefícios, tais como uma grande economia com a disposição final desse volume de RSMs, a manutenção dos aterros, a geração de empregos e renda e a diminuição dos impactos ambientais. Além disso, toneladas de plásticos virgens deixariam de ser produzidos, sendo substituídos pelos materiais reciclados e os novos compósitos.

Para viabilizar a separação e reaproveitamento dos RSMs, é necessário que estes sejam separados na fonte. Para isso, é necessário que a população seja educada e conscientizada sobre o seu papel na melhoria da gestão dos RSMs.

6. Referências Bibliográficas

BALATINECZ, J.; WOODHAMS, R.T. "Wood-plastic composites - doing more with less". In *Journal of Forestry*, nº 11, 1993.

CEMPRE. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/ft_plastico.php>. Acessado em 22/8/2011.

CEMPRE. *Pesquisa Ciclosoft 2010*. Disponível em:<http://www.cempre.org.br/ciclosoft_2010.php>. Acessado em 16/6/2011.

DATAVALE. Disponível em: <<http://www.datavale-sp.com.br/CCEB.pdf>>. Acessado em 25/8/2011.

IBGE / Pesquisa Industrial Anual (PIA) 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/questionarios/pia_empresa.html>. Acessado em 6/7/2011.

IBGE /CENSO. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acessado em 5/7/2011

JOSHI, S.V.; DRZAL, L.T.; MOHANTY, A.K.; ARORA, S. *Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? Composites: Part A Applied Science and Manufacturing*, v. 352004.

KILLOUGH, J.M. "The plastics side of the equation". In *Woodfiber Plastics Composites Virgin and Recycled Wood Fiber and Polymers for Composites*.1996.

KUMAR, Sunil. "Composting of municipal solid waste" In *Informa Healthcare*. 2011.

LUZ, Sandra. *Estudo das propriedades mecânicas, interface e morfologia de compósitos de polipropileno reforçados com fibras de bagaço e palha de cana*. Lorena: 2007.

MANO, J.F.; SOUSA, R.A.; BOESEL, L.F.; NEVES, N.M.; REIS, R.L. "Bioinert, biodegradable and injectable polymeric matrix composites for hard tissue replacement: state of the art and recent developments". In *Composites Science and Technology*, v. 64. 2004.

NEIVA, Paula e LIMA, Roberta. "Oceano de plástico: a substância já responde por 70% da poluição marinha e se alastra dos litorais para o alto-mar". In *Veja*. Março de 2008.

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma). "Rumo a uma economia verde: caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza". Disponível em <<http://www.pnuma.org.br>>.

REVIVERDE Instituto Ambientalista da Cidade do Rio de Janeiro. "Pensando no amanhã, reciclamos". Disponível em <<http://www.reviverde.org.br/>>. Acessado em 20/6/2011.

SILVA, J.L.G.; AL-QURESHI, H.A. "Mechanics of wetting systems of natural fibres with polymeric resin". In *Journal of Materials Processing Technology*, v. 92-93. 1999.

SUTTIBAK, Samonporn Nitivattananon Vilas. *Assessment of factors influencing the performance of solid waste recycling programs*. Resources, Conservation and Recycling. 2008

TOBIN, W.J. *Troubleshooting Injection Molded Parts*. Louisville: WJT Associates, 1996.

TRIGUEIRO, André. "A farra dos sacos plásticos". Disponível em <<http://www.mundosustentavel.com.br/category/artigos/page/3/>>. Acessado em 23/8/2011.

TIMLETTRE, Willians. "Public participation and recycling performance" In *England: A comparison of tools for behaviour change*. Resources, Conservation and Recycling. 2008.

30
LUGAR



**CATEGORIA ESTUDANTE
DO ENSINO SUPERIOR**

Mapeamento da Violência Urbana em Campina Grande: Tendências e Desafios em Busca da Cidade Sustentável

Autor:

Sâmara Íris de Lima Santos
(samynhacg@hotmail.com)

Orientador:

Xisto Serafim de Santana de Souza Júnior
(xtojunio@yahoo.com.br)

Instituição de Vínculo:

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

1. Introdução

A cidade está em crise. O forte adensamento populacional, associado à falta de infraestrutura e planejamento adequado às novas velocidades na cidade, tem propiciado novas conjunturas quanto à produção e ao consumo do espaço urbano. O imediato, em detrimento da vivência, tem sido um dos principais fatores que vêm modificando o “sentir a cidade” e, conseqüentemente, o pensar sobre o seu futuro.

O direito à cidade, que durante um bom tempo esteve limitado ao acesso aos serviços, infraestrutura e equipamentos, necessidades básicas para a vivência no habitat urbano, torna-se, na atualidade, algo mais complexo: devido tanto à falta de sensibilidade do poder público que na busca incessante pelo desenvolvimento tem disponibilizado a cidade aos interesses do mercado, contribuindo em processos de segregação e pela própria sociedade, que tem cessado o interesse particular de reivindicar melhorias no espaço onde habita. Não obstante, o binômio público-privado tem se apresentado como entrave ao reproduzir um sentido de cidade problemática e defeituosa, facilitando, com isso, a perda da memória sobre o espaço urbano e a criação de perspectivas para o seu futuro (FICHER e MOLL, 2000).

Em contraposição a isso, surgem alguns nichos de resistência que, pautados na valorização do imaginário, tentam reproduzir novas perspectivas para o desenvolvimento da cidade e a reestruturação de sua identidade. Ao estimular o uso da cidade como de interesse comum - uso comum -, esses nichos passam a volver o estudo sobre o desenvolvimento urbano, tendo como ponto de partida o pensar o futuro desses espaços, que a cada dia ganham mais adeptos. Tais nichos correspondem às redes de desenvolvimento urbano, subdivididas em três grandes eixos: redes de cidades saudáveis, redes de cidades educativas e redes de cidades na luta contra a pobreza; todas pautadas na perspectiva do desenvolvimento sustentável, caracterizando-se, portanto, como rede de cidades sustentáveis.

O direito à cidade ou à cidadania passa a ser um dos principais vetores das propostas de desenvolvimento urbano, uma vez que as propostas de planejamento passam a levar em consideração a valorização do indivíduo: segmentos da sociedade organizada são chamados a pensar o futuro e a exercer o papel de coadministradores dos espaços públicos, especialmente nos grandes centros, que contam com uma sociedade ideologicamente mais ativa e compromissada com a luta pelos interesses coletivos.

Nesse sentido, no âmbito do planejamento urbano, é possível evidenciar pelo menos três estágios de políticas públicas: o primeiro, voltado para criação de regulamento de uso e de responsabilidade pelo uso e ocupação dos espaços; o segundo, voltado para a montagem de estrutura de proteção e de reparação das áreas modificadas; e, o terceiro, voltado para a influência da sociedade, qualificando-a como corresponsável pelo desenvolvimento sustentável.

As questões sobre o desenvolvimento das cidades, pautadas em torno dos problemas surgidos pela crescente urbanização, deixaram, com isso, de envolver somente temas como falta de moradia e infraestrutura para enfatizar questões de mobilidade urbana e condições de uso dos espaços, com base nos problemas sociais comuns a todos os lugares nos quais a sensação de insegurança tem assumido uma posição de destaque no ambiente urbano.

De fato, a violência urbana é concebida como um dos principais problemas sociais da atualidade, independente do tamanho espacial e da importância funcional da cidade. Tal fenômeno envolve uma série de problemáticas e dilemas, uma vez que interfere tanto na mobilidade dos habitantes dentro da cidade como na difusão de práticas espaciais que definem a identidade socioespacial dos cidadãos. O sentimento de insegurança acaba sendo uma realidade visível e plausível a abstenção de uso dos espaços concebidos como sustentáveis, produzindo assim recortes variados, que ofertam novos olhares ante os lugares. A reprodução de espaços voluntariamente ou involuntariamente segregados é uma das inúmeras consequências da violência dentro das cidades.

De acordo com Levefebre (2001, p. 4), a cidade é produzida por meio de relações tanto próximas (indivíduos ou grupos) como distantes (regidas por instituições). Assim, os espaços da cidade decorrem de um processo dialético entre o “eu” (indivíduo), suas experiências e práticas socioespaciais, com os “outros” (coletividade) e as práticas socioespaciais e sentimentos de pertencimento.

A cidade passou por um processo longo e árduo ao longo dos tempos, em especial no período pós-revolução industrial. A sua configuração sofreu embates de grande relevância, tendo em vista que começou a receber trabalhadores e a comportar cada vez mais pessoas, produzindo verdadeiros inchaços e deslocando indivíduos involuntariamente para áreas segregadas, gerando condições de insustentabilidade no que se refere ao uso dos espaços urbanos, por causa, principalmente, da introdução de comércios, indústrias e até do embelezamento de determinadas áreas. Esses processos fundamentaram problemas e complexidades que se perpetuam no cotidiano dos que a vivenciam.

As práticas territoriais que caracterizam as atuais sociedades urbanas têm conduzido os indivíduos a deixarem de lado o sentimento de pertencimento, afastando-os do interesse pelo uso e contemplação do lugar em que vivem. Os espaços da cidade passaram a ser caracterizados como locais em que as práticas de violência exercem maiores transtornos, limitando-os quanto à identificação com os mesmos.

Ao tornar-se uma realidade comum a todos os espaços urbanos, a violência passou a ser concebida como um dos principais “problemas para a sustentabilidade urbana”. Este, para ser combatido, demanda arcabouços necessários para influenciar os indivíduos na redução dos usos dos espaços e consequente reprodução de práticas contra o próprio indivíduo e contra o patrimônio. Contudo, como ressalta Tangerino (2007), isso não significa que a cidade seja um fator determinante sobre

o indivíduo, uma vez que, de acordo com um código ecológico, as condições de infraestrutura e acesso aos equipamentos não determinam as práticas de violência. A violência estaria reproduzida nos hábitos e práticas socioespaciais. De fato, por terem que viver segregadas, habitando próximo aos que têm práticas violentas, as pessoas passam a ter que obedecer às regras impostas por tais sujeitos por exemplo, a utilização de ruas em horários predeterminados e obediência à lei do silêncio, fato que contribui para a reprodução da sensação de medo e insegurança.

Assim sendo, entre os indicadores responsáveis pela usurpação do direito à cidade, destacam-se tanto aqueles relacionados à exclusão socioeconômica (desemprego, falta de condições dignas de moradia, etc.) como os de ordem efetivamente social, representados pela difusão do tráfico de drogas, armas e de pessoas, os quais são materializados pela disputa armada e por domínio de territórios em alguns setores da cidade, assim como pelo aumento da prostituição e depredação do patrimônio público, tendo a mídia como um dos principais veículos de difusão da sensação de medo urbano (SILVEIRA, 2008). Tais elementos apresentam-se como questões de referência no âmbito da conquista de uma cidade sustentável.

Ao contrário da relação de fatores de violência que a identificavam na cidade em outros momentos da história (intervenção física voluntária de um indivíduo ou grupo contra outro, com o escopo de torturar, ofender ou destruir), conforme observado por Diniz (1998, p. 781), a atual conjuntura e complexidade socioespacial coloca em xeque não apenas a integridade física, propriedade pessoal ou coletiva, mas a própria integridade psicológica do indivíduo-cidadão e da coletividade social no que diz respeito ao amor à cidade, por meio da formação de uma identidade com a mesma.

O espaço da cidade tem se tornado o espaço das diferenças, do desconhecido, do estranhamento e da submissão ao medo da agressão física e simbólica (CARLOS, 2001). Ao ser materializada, enquanto relação de troca, a cidade vem perdendo o seu significado enquanto valor de uso (LEFEBVRE, 2001), tornando-se um espaço da transgressão, amparado pela cultura do medo. Tais impressões estão materializadas na realidade urbana da cidade de Campina Grande nos últimos anos.

De acordo com o levantamento estatístico do IBGE (2010), Campina Grande possui uma população em torno de 385.213 habitantes e se caracteriza como uma cidade estratégica no que se refere às preocupações administrativas para o desenvolvimento regional e integração do Estado da Paraíba. Devido a sua função regional, expressa pela capacidade de estimular movimentos imigratórios, Campina Grande caracteriza-se pelo fornecimento de serviços especializados de saúde, comercial e financeiro, os quais marcam o cotidiano da cidade. Isso proporciona problemas sociourbanos característicos de centros urbanos de maior expressão, a exemplo dos congestionamentos, stress urbano e violência, sendo este último o que desperta uma maior preocupação por parte dos setores administrativos.

Desde sua constituição como cidade (Lei n. 167, de 11/10/1864), Campina Grande vem assumindo

um papel importantíssimo no desenvolvimento do Estado da Paraíba, apesar de ter vivenciado, entre as décadas de 1950 e 1990, um período de estagnação da expansão do seu espaço urbano (PARAÍBA, 1985), em consequência das opções políticas do governo militar, que direcionou sua atenção para a promoção da integração territorial dos grandes centros, ficando os demais espaços, a exemplo de Campina Grande, às margens dos investimentos federais na promoção de políticas de apoio à reestruturação urbana, apesar de tornar-se o principal alvo dos movimentos de migrantes oriundos do interior.

De acordo com levantamento realizado pelo Instituto do Desenvolvimento Municipal do Estado da Paraíba, a cidade de Campina Grande possuía, em 2003, 49 bairros (IBGE, 2007), nos quais a população encontra-se bem distribuída, com média de 5 mil moradores por bairro, com exceção de nove bairros que concentram mais de 10 mil moradores: Malvinas (37.436), Catolé (18.040), José Pinheiro (16.014), Liberdade (15.992), Bodocongó (12.583), Cruzeiro (12.339), Santa Rosa (11.746), Três Irmãs (11.602), Jeremias (10.719). Localizados na zona oeste, Bodocongó, Malvinas e Santa Rosa (61.765) formam um arco de influência a bairros como Pedregal e Centenário, sendo estes bairros os que concentram ocupações de baixo poder aquisitivo, embora, de acordo com observações em campo, a evidência de aglomerações subnormais seja uma realidade da totalidade urbana da cidade.

Conforme resultados de pesquisa de iniciação científica realizada no período de 2010 a 2011 por meio do Programa Pibic, ante o contexto da violência urbana no presente século, a cidade de Campina Grande não se comporta diferente de outras, mesmo sendo caracterizada como uma cidade média (SANTOS, 2010). De fato, Campina vem sendo constantemente noticiada como um espaço no qual a violência e a sensação do medo se apresentam como principais aspectos de inibição ao uso social do espaço.

De fato, nos três últimos anos (2007-2010) tem-se constatado um crescimento dos casos de violência na cidade de Campina Grande, tanto no que se refere ao registro histórico de evidências relacionadas à agressão física ao indivíduo como no que diz respeito às agressões ao patrimônio particular ou coletivo, conforme dados do mapeamento da violência urbana dos municípios¹ (WASELFISZ, 2010 a). De acordo com os registros do mapa da violência dos municípios brasileiros, a cidade de Campina Grande teve um acréscimo no *ranking* dos municípios mais violentos ao sair do 340º lugar (WASELFISZ, 2008) para o 226º (WASELFISZ, 2010 b) da lista dos municípios mais violentos.

Diante desse contexto de violência na cidade, o cotidiano e as expressões socioterritoriais dos habitantes foram forçosamente modificados. No que diz respeito aos setores menos favorecidos

¹ As bases quantitativas desses registros podem ser consultadas na página do Instituto Sangari (<http://www.institutosangari.org.br/mapadaviolencia>) ou na página do Ministério da Justiça (<http://portal.mj.gov.br>).

(bairros pobres e ocupações irregulares), estes se tornaram realidades cada vez mais visíveis no contexto urbano de Campina Grande. As imagens criadas sobre esses espaços, especialmente as que os associam a “palco do risco urbano”, têm contribuído para a formação de parcerias entre o poder público e agentes imobiliários, no sentido de proporcionar a produção de espaços isolados dessa realidade, a exemplo dos Alphavilles: condomínios fechados dotados de alto nível de segurança, infraestrutura e equipamentos urbanos. Retoma-se, salvo as devidas proporções, a “geografia das cidades medievais” contextualizada por espaços altamente segregados e seguros (LE GOFF, 1998).

O quadro de referências apresentado foi resultado de uma pesquisa de iniciação científica que realizamos na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), a qual esteve vinculada ao Programa Pibic/CNPq, buscando elaborar um mapeamento da violência urbana na cidade de Campina Grande (PB). Com base nos procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da pesquisa, foi constatado que Campina se insere no rol das cidades com desafio de desenvolvimento sustentável, em decorrência das práticas socioespaciais de violência e insegurança urbana.

2. Objetivos

Geral:

Analisar o impacto do aumento da sensação de insegurança urbana nas condições de sustentabilidade espacial da cidade de Campina Grande, com base na “geografização” das áreas com maiores risco à violência.

Específicos:

- Mapear e classificar os casos de violência urbana em Campina Grande, ocorridos em 2010, identificando os tipos de riscos e as escalas de abrangência;
- Identificar os espaços de maior risco à violência;
- Analisar o impacto da violência nas condições de desenvolvimento sustentável da cidade.

3. Material e métodos

A pesquisa esteve fundamentada em procedimentos quali-quantitativos. Com relação aos procedimentos qualitativos, utilizou-se a técnica da análise de discurso, com o intuito de identificar os diferentes discursos que relacionavam as práticas de violência à produção do espaço. Já o aporte quantitativo deu-se a partir de questionários aplicados à sociedade e informações oficiais obtidos da Delegacia de Polícia Civil da cidade, IBGE e Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba (Ideme), por meio dos quais foi possível acessar dados sobre os crimes ocorridos em 2010 e seus desdobramentos nas práticas socioterritoriais em Campina Grande.

Contudo, houve uma ênfase maior na análise dos resultados obtidos por meio do aporte qualitativo, uma vez que este – embora ainda bastante debatido no meio acadêmico no que concerne a sua aceitabilidade enquanto procedimento científico – possibilitou uma maior aproximação com a realidade vivida pela sociedade campinense e visitantes (pessoas que migram diariamente para a cidade).

O referido método emerge como uma opção de análise dos fenômenos sociais sob o prisma dos sujeitos envolvidos no mesmo. Sua vertente abarca a observação dos diálogos existentes tanto nos discursos diretos como indiretos, evidenciados por meio das entrelinhas destes, correspondendo, portanto, a uma importante forma de obter a realidade dos acontecimentos que vão além dos números codificados, resultantes de pesquisas quantitativas. Tais abordagens, no entanto, não se excluem. Ao contrário, podem juntar-se e favorecer estudos que englobem a realidade mais minuciosa do objeto a ser estudado (SANTOS, 2011).

De acordo com Minayo (2005, p. 82), existem, pelo menos, seis formas de se subsidiar uma pesquisa qualitativa: a ordenação dos fenômenos pelo desenho do tipo-ideal; a análise da vida cotidiana ou abordagem fenomenológica; a observação e investigação dos fatos ou etnometodologia; o interacionalismo simbólico; a investigação participante; e a hermenêutica-dialética. Embora todas possam ser empregadas como expressão da pesquisa qualitativa, a investigação participante possibilita o entendimento das intencionalidades materializadas nos discursos criados e expressos nos jornais.

A utilização do método qualitativo se dá sob várias formas, como por meio de entrevistas abertas, análise de textos, jornais, dentre outros que não pretendam subjugar os resultados meramente aos números, produzindo visões mais minuciosas das características e limites dos sujeitos sociais ante o espaço produzido. Possibilita, portanto, que o pesquisador examine as ações sob a ótica do segmento envolvido nos processos de produção social do espaço vivido (Souza Junior, 2010). Portanto, para o uso em estudos geográficos, bem como outras áreas que busquem a pesquisa

além dos dados quantitativos, o aporte de tal método é uma escolha favorável.

No que concerne aos procedimentos da pesquisa, durante o primeiro período semestre de realização foi elaborada uma hemeroteca na qual, por meio de dois jornais de circulação estadual Correio da Paraíba (CP) e Diário de Borborema (DB) , extraiu-se as informações acerca da violência na cidade de Campina Grande, analisando-se o conteúdo das reportagens publicadas no ano de 2010. A técnica esteve relacionada à identificação dos diferentes discursos que relacionam as práticas de violência com a produção do espaço. Para isto, levou-se em consideração o das matérias usadas na elaboração da pesquisa, conforme o procedimento abaixo:

- i. A leitura dos jornais acima citados para a averiguação da existência de matérias referentes à violência na cidade de Campina Grande;
- ii. Recorte das matérias que possuíam nos títulos e/ou subtítulos, ou em convergência com o conteúdo das reportagens, as seguintes palavras-chave, conforme Santos e Ramires (2009): homicídio, assassinato, morte, morto, morrer, corpo, execução, agressão, espancar, machucar, bater, esfaquear, balear, ferir, roubo, assalto, assaltante, furto, ladrão, estupro, abuso, latrocínio, sequestro, extorsão, violência, crime, criminalidade, criminoso, tráfico, drogas, segurança;
- iii. Elaboração da síntese do corpo da reportagem, observando e registrando o bairro onde ocorreram os crimes, o local da reportagem no jornal, data, e em quais páginas e cadernos foram encontradas;
- iv. Anexação das matérias a um fichero, subdivididas por tipos de crimes: Violência contra a mulher, homicídio, assalto e furto, tráfico de drogas e comércio ilegal de armas;
- v. Análise e organização de tabelas com as sínteses dos textos das reportagens.

Para exemplificar os caminhos percorridos no desenvolvimento da pesquisa, descreveremos, a seguir, as etapas realizadas na análise de assaltos e furtos. Algo semelhante foi feito com os outros indicadores.

Após o recorte, análise das palavras-chave, síntese e junção destes no fichero, conforme o tipo de crime, elaborou-se uma tabela no computador com a síntese final de cada reportagem selecionada, observando-se os elementos como a posição, proporção e tamanho da matéria, identificando-se as palavras-chave e quantas vezes estas apareceram, além de avaliar a existência de reportagens sobre assuntos semelhantes em jornais diferentes, com o objetivo de observar as informações repassadas ou não pelo mesmo. Posteriormente, foram sublinhadas as informações importantes, como palavras-chave, motivos, local de ocorrência do crime, fonte e observações, conforme exemplo a seguir:

a) Exemplo da identificação das matérias por jornais analisados e síntese:

B6	29/07/2010	CP/Cidades- quinta-feira	Bando metralha o Luíza Motta
----	------------	--------------------------	------------------------------

- Assaltantes levaram malotes de uma empresa de segurança.

- Um bando formado por seis a oito homens bem armados assaltam, em horário comercial, um carro forte no Luíza Motta. Os bandidos dispararam mais de 25 tiros em cinco minutos, aproveitando o momento em que o sistema de segurança estava em manutenção, o que levou a crer que tinham informações privilegiadas.

Fonte:	-
Bairros	Catolé
Observações:	A reportagem está localizada na parte superior da página do jornal.

08	21/08/2010	DB/Cotidiano/ sábado	Bandidos furtam sete boxes na Feira da Prata
----	------------	----------------------	--

- A Feira da Prata foi alvo de furtos a sete boxes do local. No momento do crime, três vigilantes estavam trabalhando e não existiam indícios de arrombamentos nos estabelecimentos.

- Segundo comerciantes, oito ofícios já foram enviados para a polícia a fim de reativar o posto, mas o comando do Batalhão da Polícia Militar informou que não existe contingente suficiente para o funcionamento de posto policial.

Fonte:	
Bairros	Prata
Observações:	Grande proporção da página, ocupando o canto superior.

05	09/08/2010	DB/Cotidiano/ segunda-feira	Bandidos causam pânico em ônibus
----	------------	-----------------------------	----------------------------------

- Pelo período da manhã, dois homens entraram em ônibus, próximo ao Sítio Marinho, onde se passaram por passageiros. Em parte do trecho anunciaram assalto e mandaram o motorista desviar a rota. Em seguida, mais dois comparsas apareceram de um matagal próximo, inclusive atirando contra o ônibus e, em seguida, fugiram.

Fonte:	
Bairros	Glória e Jardim Europa
Observações:	A reportagem está localizada na parte superior da página do jornal.

08	03/08/2010	DB/cotidiano-terça-feira	Assaltante invade casa de empresário
<p>Apenas um bandido, armado com uma pistola e encapuzado, invadiu o imóvel após arrombar um cadeado que dava segurança a um portão de ferro. Outro ladrão ficou do lado de fora, em uma motocicleta, dando apoio à ação.</p> <p>- O crime ocorreu quando os dois filhos do empresário e uma sobrinha da vítima estavam dentro do imóvel.</p>			
Fonte:	-		
Bairros	Cruzeiro		
Observações:	A reportagem foi apresentada na parte inferior da folha.		

CP: Correio da Paraíba, DB: Diário da Borborema.
Organizado por SANTOS, 2010.

b) Síntese da relação entre os eventos, por bairros de ocorrência, e as quantidades apresentadas de palavras-chave no corpo do texto:

Tabela 1 - Síntese das ocorrências de violência por bairro e palavras-chave.

Palavras-chave	Quant. de vezes	Bairros	Vítimas	Agressor
Assalto	66	Centro, Alto Branco, Catolé, Santa Rosa, José Pinheiro, Santo Antônio, Bodocongó, Liberdade, Nações, Prata, Monte Castelo, Centenário, Alto Branco, Cruzeiro, Cuités, Jeremias, Glória, Jardim Europa, Araxá	Taxista, padre, policial, médico, empresário, dona de casa, professor, cobrador de ônibus	Dupla, jovens, motoqueiros, bando, homem, bandidos, gangue
Assaltante	9	Santo Antônio, Bodocongó, Catolé, Centro, Cruzeiro		Bando, assaltante
Roubo	26	Monte Santo, Prata, Centro, Bodocongó, Palmeira, Catolé, Liberdade, Mirante		Bando, homem, bandidos
Furto	8	Alto Branco, Catolé, Prata		Mulher, bandidos, idoso
Sequestro	5	Bodocongó, Prata, Centro	Taxista, estudante, professor	
Tiros	11	Centro, Catolé		Assaltante, bando
Ferir	2	Centro	Policial	

Tabela elaborada com base nas reportagens do Correio da Paraíba e Diário de Borborema entre os meses de janeiro e dezembro de 2010.

Autoria: Santos, 2010.

c) Produção do discurso entre os eventos por bairros de ocorrências:

Na análise sobre o registro das ocorrências de violência divulgadas pela mídia impressa, relacionando as palavras-chave selecionadas com os tipos de ocorrência por bairro e a quantidade de vezes que cada uma aparece, foi possível perceber uma superioridade de casos relacionados a assaltos. Em geral, tal crime vem sendo realizado por grupos de assaltantes, seja em bandos, duplas ou individualmente, e, em alguns inusitados casos, também por idosos. O perfil das vítimas destacadas são mulheres, taxistas e empresários. Os crimes contra o patrimônio particular, sejam de pequeno ou grande porte, são numerosos na cidade. Vários assaltos a postos de gasolina, “saidinhas” de banco, casas residenciais e lotéricas estão sendo noticiados como eventos cotidianos na realidade de Campina Grande. O uso de armas de fogo também tornou-se constante, a ponto de várias ocorrências relatarem o óbito de vítimas.

d) Sistematização do discurso:

Após a síntese, formação das tabelas de cada matéria e destaque das informações mais pertinentes na análise do conteúdo das reportagens, foi elaborada outra tabela com o texto e título das reportagens grifadas e, ao lado, a junção das informações das matérias que possuem similaridades quanto ao tipo de crime cometido para a obtenção de elementos que servirão de subsídio à síntese das informações obtidas por meio da hemeroteca (quadro 1):

Quadro 1: Síntese dos assaltos e furtos.

Assaltos e furtos:	
<p>Jovens de classe média presos por assalto: - <u>Assalto a mão armada e furto.</u></p> <p>Assaltantes sequestram taxista e provocam acidente envolvendo 11: - <u>Assaltantes sequestram taxista e provocam acidente.</u></p> <p>Bando assalta escola e faz 10 reféns: - <u>Homens invadem escola e fazem reféns.</u> - Diretora entende como fundamental a presença de policiamento na escola.</p> <p>Dois assaltos por semana contra taxistas: - <u>Taxistas são um dos principais alvos de bandidos.</u> - A violência já ameaça o exercício da profissão de taxista em Campina Grande. Dados divulgados pela Polícia Civil mostram que, em média, são registrados dois assaltos por semana contra a categoria.</p> <p>Estudante é sequestrada em CG: <u>Estudante foi vítima de sequestro</u> relâmpago e furto quando estacionava seu carro próximo ao Senac.</p> <p>Ônibus é assaltado no Jeremias: - Passageiro sobe armado no terminal integrado e, “nas proximidades da ferinha do Jeremias, o acusado rendeu a cobradora”.</p> <p>Homem assalta multibank em CG: - <u>Homem armado assalta multibank próximo a um posto policial.</u> - O bandido chegou sem nenhuma camuflagem no rosto e roubou, além do banco, um cliente. Saiu à paisana, sem provocar suspeitas.</p> <p>Bando metralha o Luíza Motta: - <u>Assaltantes levaram malotes de uma empresa de segurança.</u> - Um bando, formado por seis a oito homens bem armados, assaltou, em horário comercial, um carro forte no Luíza Motta. Os bandidos dispararam mais de 25 tiros em cinco minutos, aproveitando o momento em que o sistema de segurança estava em manutenção, o que leva a crer que tinham informações privilegiadas.</p> <p>Ladrão assalta padre e leva batina em CG: - <u>Após missa, padre é assaltado.</u> Moradores reclamam da falta de segurança na localidade.</p> <p>Dupla leva R\$ 17 mil de posto: - <u>Assaltos a postos de gasolina têm sido uma constante em Campina:</u> “Esta foi a terceira vez que a empresa foi alvo de assaltantes. Ele disse que o problema de segurança está sério na cidade, a ponto de os proprietários de postos de combustíveis não terem mais a quem recorrer”.</p> <p>Policial é ferido durante assalto em CG: - <u>Assalto a um depósito de bebidas,</u> durante o fechamento, fez reféns. Um policial, que se encontrava à paisana no local, e um funcionário, <u>vivenciaram várias cenas de agressão.</u> Um dos tiros disparados atingiu o policial.</p>	<p>ID1 Jovens de classe média também têm assaltado na cidade.</p> <p>ID2 Sequestros seguidos de assalto têm se tornado constantes na cidade.</p> <p>ID3 Ônibus se tornam alvo de assaltos.</p> <p>ID4 Criminosos que agem em bandos estão cometendo vários delitos na cidade.</p> <p>ID5 Assaltos a postos de gasolina têm se tornado constantes em Campina.</p> <p>ID6 Para tentar inibir ações de bandidos em ônibus, a Polícia Militar, está colocando policiais à paisana para prenderem os mesmos.</p>

Tabela elaborada com base nas reportagens do Correio da Paraíba e Diário de Borborema entre os meses de janeiro e dezembro de 2010. Autoria: Santos, 2010.

Após a realização desta etapa, elaborou-se uma síntese das informações obtidas:

Do período que compreende os meses de janeiro a dezembro de 2010 foram observados que, na cidade de Campina Grande, os jornais evidenciaram várias ocorrências de assaltos. Até o mês de dezembro, foram averiguadas as seguintes informações:

- Os assaltos cometidos por bandos lideram o *ranking* dos crimes evidenciados na cidade. Em geral, são realizados por duplas. Vale salientar que existiram casos de idosos ou crianças que cometeram tais delitos, como também vários jovens de classe média foram presos por causa de assaltos;
- Diversos estabelecimentos e ônibus foram alvos de criminosos. Alguns locais, como postos de gasolina, apesar de possuírem sistemas de segurança, eram assaltados várias vezes. Casas de empresários e comerciais estiveram na lista dos roubos no ano de 2010. Algumas medidas tiveram que ser aplicadas, dentre elas, policiais à paisana em ônibus para inibir os assaltos constantes.

Com base na hemeroteca, também foi desenvolvida uma tabela relatando as seguintes informações: a) tipo de crime; b) o bairro onde foi registrado; e c) as palavras-chave em cada matéria analisada. Alguns registros foram descartados por não terem sido informados os bairros (tabela2).

Tabela 2 - Registro da ocorrência de violência em Campina Grande por tipo e palavras-chave.

BAIRRO:	TIPO DE CRIME:	PALAVRA- CHAVE:
Bodocongó	Assalto/ Homicídio	Assalto/ Homicídio
Catolé	Assalto	Assalto
Quarenta	Assalto	Violência/ Assalto
Bodocongó	Tentativa de assalto	Arma/ Tiro
São José	Assalto	Roubo/ Assalto
Centro	Estelionato	Assalto
Bodocongó	Roubo	Roubo
Catolé	Roubo	Tiro/ Assalto
Alto Branco	Tentativa de assalto	Tiro/ Roubo
Monte Santo	Assalto	Assalto
Liberdade	Assalto	Roubo
Centro	Roubo	Roubo

Tabela elaborada com base nas reportagens do Correio da Paraíba e do Diário da Borborema entre os meses de janeiro e dezembro de 2010. Autoria: Santos, 2010.

e) Análise do Discurso:

De acordo com os procedimentos adotados: os crimes relacionados aos assaltos e furtos tendem a ser cometidos, em grande escala, por duplas ou bandos de assaltantes, inclusive por crianças e idosos. Os crimes, em geral, são cometidos contra patrimônios particulares. Dentre estes, deve-se destacar postos de gasolina e comércios da cidade. As “saidinhas” de banco, bem como alguns casos inusitados de roubos, formaram o quadro desses crimes. O perfil dos criminosos variou bastante. Idosos e crianças estiveram presentes nos discursos elucidados, assim como jovens de classe média envolvidos na prática dos roubos. As vítimas relatadas eram, na maioria, mulheres, empresários e alguns profissionais. As palavras-chave mais noticiadas no *corpus* dos jornais foram assalto (66), roubo (26), tiros (11) e assaltantes (9). As ocorrências possuem uma relação direta entre o agressor e a vítima, por meio do envolvimento com o tráfico de drogas, dívidas ou acertos pessoais, a exemplo de crimes passionais. Assim, a infraestrutura urbana não se apresenta como elemento determinante, embora favoreça o desenvolvimento das práticas, uma vez que interfere na própria acessibilidade (presença) do estado.

A segunda etapa da pesquisa compreendeu o uso de técnicas do método quantitativo, uma vez que os parâmetros obtidos com as informações oriundas da análise qualitativa não possibilitaram observar os fenômenos gerais da materialização das práticas de violência, conforme observado anteriormente. Sendo assim, além dos dados oficiais, que já iriam ser recolhidos e estavam presentes no cronograma do projeto para serem sobrepostos às análises dos jornais, foram aplicados questionários em alguns pontos de uso e acesso coletivo que possuíam fluxos favoráveis de campinenses, a exemplo do terminal integrado de ônibus da cidade e da Praça da Bandeira. Dessa forma, seguem abaixo as etapas realizadas e como estas foram agrupadas para o mapeamento da violência na cidade de Campina Grande no ano de 2010.

a) Os dados oficiais:

Após as primeiras visualizações da violência na cidade, começaram a ser obtidos os dados da violência com órgãos oficiais. Neste sentido, foram feitos trabalhos de campo nas delegacias da cidade, inclusive na Secretaria de Segurança da Paraíba, em João Pessoa. Durante esta etapa foram feitas entrevistas com delegados, conforme o planejado. Contudo, a dificuldade de obtenção de informações sobre a dinâmica da violência na cidade foi uma constante, apesar das diversas visitas realizadas. Em vários locais onde se buscou obter informações oficiais não houve clareza quanto ao conteúdo das mesmas, fato que dificultou bastante a pesquisa. Com base nisso, houve a decisão de reformulação desta etapa.

Apesar disto, conseguimos obter informações sobre as estatísticas de criminalidade referentes ao ano de 2010 com a 2ª Delegacia Regional de Polícia Civil de Campina Grande. Tais dados

compreendiam as estatísticas dos homicídios e do tráfico de drogas. Os assaltos, conforme relatos, não estavam disponíveis, pois a maioria das pessoas não fazia o boletim de ocorrência, e alguns casos eram de pequenos furtos, não interessando à polícia da cidade. Sendo assim, não estavam catalogados e nem ordenados de forma regular.

Portanto, com base nestes dados, foram criadas tabelas que viessem a facilitar a sobreposição com os bairros encontrados nos discursos dos jornais da primeira etapa. Segue um exemplo dos dados obtidos na delegacia, alusivos aos crimes de homicídio no ano de 2010 (tabela 3).

Tabela 3 - Registro por bairro de homicídios ocorridos no ano de 2010.

POR BAIRRO	
BODOCONGÓ	18
CENTRO	12
CATOLÉ	12
MUTIRÃO	10
JOSÉ PINHEIRO	11
PEDREGAL	08
CATINGUEIRA	08
DINAMÉRICA	07
MONTE SANTO	06
JEREMIAS	06
BELA VISTA	05
MALVINAS	05
RAMADINHA II	04
GALANTE	04
TAMBOR	04
LIGEIRO	03
SANTA ROSA	03
LIBERDADE	03
CINZA	03
RAMADINHA I	03
GLORIA	03

Tabela elaborada com base nos dados oficiais das Estatísticas de Criminalidade da 2ª Delegacia de Polícia Civil de Campina Grande do ano de 2011.
Autoria: Santos, 2011.

Com base nos dados detalhados da polícia, realizou-se um trabalho de síntese, para a extração das informações mais pertinentes para a pesquisa, excluindo-se alguns detalhes da delegacia que eram sigilosos. Consequentemente, ocorreu a sobreposição tanto dos dados oficiais quanto dos obtidos nos jornais e nos questionários aplicados à população, que serão detalhados posteriormente, nos resultados.

b) Questionários aplicados à população:

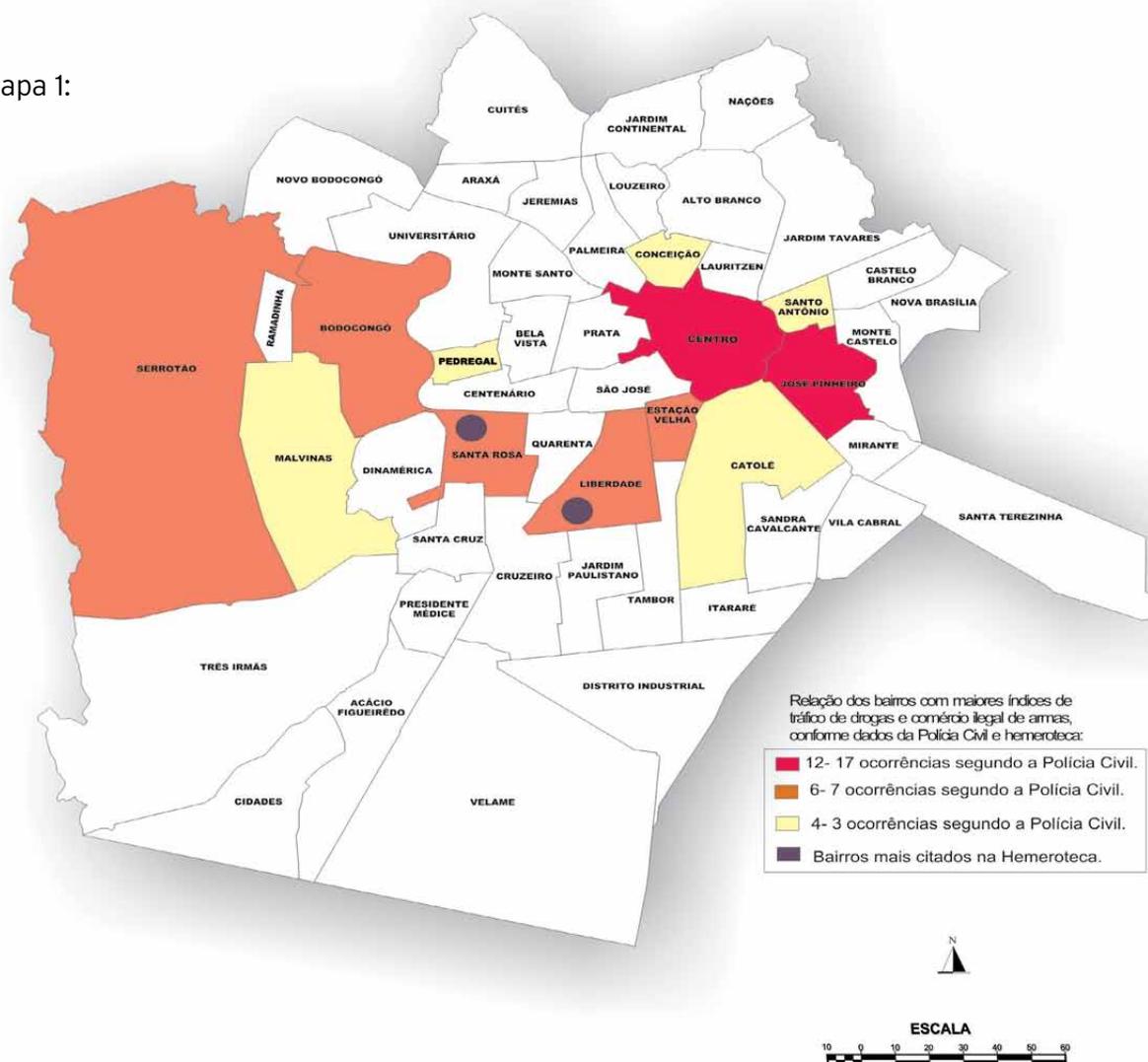
Após a obtenção dos dados oficiais e das análises dos jornais, foram aplicados questionários à população campinense. Tendo como base o número de pessoas acima de 18 anos de idade, aplicou-se um total de 76 questionários. Para isso, foram selecionados os espaços com maior circulação de pessoas: a) Terminal Integrado de Transporte Coletivo; b) a Praça da Bandeira, ambos localizados no Centro da cidade; e c) a Rua Juscelino Kubitschek, no bairro de Presidente Médici. Esta etapa foi efetivada no intuito de subsidiar as entrevistas que estavam sendo realizadas, uma vez que os entrevistados se abstiveram de se expressar sobre a violência na cidade e os números obtidos.

Os questionários possuíam 24 perguntas, sendo divididos em duas partes: a) questões de caráter pessoal (nome, idade, residência, tempo de moradia, entre outras), com o objetivo de mostrar o perfil dos pesquisados. Foram descartados os perfis dos que não residiam em Campina Grande, pois, de acordo com o proposto, não conheciam realmente a dinâmica da cidade nem os epicentros da violência, que produziam sentimentos de medo e insegurança; e b) questões sobre a segurança urbana (imaginário urbano diante de situação de violência, bairros que se destacavam como os mais violentos, tipos de crime e a utilização dos espaços públicos, bem como conceitos simples sobre violência e segurança), com o objetivo de complementar os dados oficiais obtidos com a prefeitura e o Instituto Sangari sobre os indicadores de violência nos municípios.

c) Construção dos mapas e análises da violência em Campina Grande:

Por fim, a última etapa da pesquisa compreendeu a formação dos mapas (mapa 1) da violência na cidade, durante o ano de 2010, e as análises qualitativas descrevendo os fatores culminantes de tais práticas, locais mais incidentes, vítimas, dentre outros olhares que fomentaram a efetivação de um mapeamento além de meros dados estatísticos.

Mapa 1:



Quadro "Cidade de Campina Grande"

4. Resultados da pesquisa e discussão

Durante o desenvolvimento da pesquisa houve a necessidade de se fazer algumas alterações. A entrevista com delegados e representantes da sociedade foi substituída por questionários aplicados à população adulta da cidade. Essa mudança teve como principal motivo a falta de informações por parte de setores do Estado, que alegaram receio de que tais afirmações sobre a violência na cidade poderiam refletir negativamente para a Segurança Pública, bem como o mau uso que alguns representantes da mídia fizeram de dados quantitativos. Apesar das complicações com os dados oficiais, estes ainda foram obtidos após várias investidas a campo, com a contribuição de professores que disponibilizaram as estatísticas oficiais adquiridas com a Delegacia de Polícia Civil.

Sendo assim, com base nas análises feitas durante a pesquisa de iniciação científica, observou-se que em Campina Grande há tipos diferenciados de práticas de violência, que se materializam em alguns espaços da cidade.

Com a utilização do método quali-quantitativo, baseado na elaboração da hemeroteca e nas informações oficiais, foi possível elaborar um perfil da materialização da violência na cidade de Campina Grande, cujas expressões estão aumentando a cada mês e variando inclusive em períodos, de uns bairros para outros, colocando em xeque o desenvolvimento urbano da cidade, apesar de ser uma cidade de porte médio.

No que concerne aos assaltos e furtos (mapa 2), foi comprovado que, no período de janeiro a junho, o bairro do Centro da cidade foi noticiado 12 vezes; seguido de Bodocongó e Catolé, com 6 ocorrências; e o Prata, com 5. Já nos meses de julho a dezembro, o bairro do Alto Branco teve 7 ocorrências; Bodocongó e Catolé tiveram a mesma margem, de 4 ocorrências; e com 3 eventos os bairros do Monte Santo, Cruzeiro, Santa Rosa, Liberdade e Centenário, permanecendo o Centro na liderança dos registros deste tipo de crime (13 ocorrências). Na leitura do *corpus* encontrado nos jornais, foram percebidas várias ocorrências referentes às seguintes palavras-chave: assalto, roubo, tiro e furto (tabela 4).

Os assaltos eram praticados, em geral, por grupos de marginais que atuavam em duplas ou bandos. Inclusive a presença de menores de idade e idosos foram uma constante. A maioria dos crimes foi empreendida contra patrimônios particulares, a exemplo de postos de gasolina, bancos (na saída), casas residenciais, dentre outros. Assim, esses delitos se tornavam fenômenos rotineiros no cotidiano dos habitantes da cidade. Além disso, o uso de armas de fogo nas ações provocavam várias ocorrências de disparos contra vítimas algumas, inclusive, por terem reagido durante os assaltos. Neste sentido, o perfil das vítimas dos assaltos cometidos na cidade era, em geral, mulher, empresários, comerciantes, e taxistas.

Com relação aos homicídios, foram registradas ocorrências que resultaram em óbitos, estando os motivos relacionados ao tráfico de drogas, débito com traficantes, acerto de contas ou motivos passionais, vitimando, inclusive, familiares. De janeiro a junho, Bodocongó caracterizou-se como o bairro que mais teve vítimas de homicídios e assassinatos, seguido por Monte Santo, Centro e Catolé. Já nos meses de julho a dezembro, o Centro se destacou pelo maior número de ocorrências, seguido por Catolé. As palavras-chave mais destacadas nos jornais foram: morto (26), assassinato e tiro (22), drogas (16), homicídios (12), esfaquear (9), execução (8) e assalto, ferir e tráfico (7), conforme pode ser observado na tabela 5.

Já o tráfico de drogas e o comércio ilegal de armas foram mais evidenciados entre os jovens. A maioria destes apareceu nitidamente ligada ao consumo ou ao tráfico de drogas, oferecidas em espaços como escolas, quadras abandonadas e bairros, a exemplo da feira livre da Prata, que constitui um dos mais importantes espaços públicos da cidade. Nela, ocorre também a venda

de armas. A disputa por poder entre as gangues constitui uma realidade para muitos espaços na cidade, a exemplo de Pedregal, que desponta nos discursos dos jornais, com altos índices de violência. De acordo com moradores, a disputa entre gangues por território de drogas fomenta homicídios e assassinatos não apenas dos devedores, mas de parentes e residentes nas zonas de conflito. Sendo assim, os bairros de Pedregal e Monte Santo apareceram mais de uma vez nos relatos dos jornais, que os denunciavam como pontos de tráfico de drogas. Os bairros de Santa Rosa, Liberdade e Glória apareceram mais de duas vezes com matérias de criminosos presos por causa da venda de drogas ilícitas. Drogas e tráfico foram as palavras-chave mais proferidas no *corpus* dos jornais (tabela 6).

A maioria dos casos de violência contra a mulher (mapa 3) obteve registros de maneira equilibrada, não ultrapassando a marca de uma ocorrência por bairro. Algumas matérias não informavam os bairros onde ocorreram os crimes. Dessa forma, associavam a ocorrência à cidade como um todo. Outras preocupavam-se com a quantidade de crimes na cidade trazendo estatísticas que contribuíram para a análise dos bairros onde ocorriam esse tipo de crime. Os bairros de Santo Antônio, Monte Santo e Santa Rosa aparecem mais de uma vez. Santo Antônio, Alto Branco, Malvinas e Centro são citados pelo Núcleo de Prevenção da Violência Contra a Mulher, do Instituto de Saúde Elpídio de Almeida (Isea), como os bairros onde mais acontecem estupros na cidade. E de acordo com a relação das palavras-chave (tabela 7), o termo abuso aparece dez vezes; posteriormente o vocábulo agressão, quatro vezes; e morto, três vezes, no discurso dos jornais selecionados.

Percebeu-se assim, uma superioridade de casos relacionados ao abuso ou estupro de mulheres, em especial adolescentes e crianças. A violência e a falta de segurança, que resultam na sensação do medo, foram observadas em várias ocorrências e os crimes, em geral, são de origem passional ou relacionados ao tráfico ou consumo de drogas lícitas ou ilícitas. O perfil dos criminosos que cometem tais atos foi descrito como de pessoas influentes na cidade, como pôde ser constatado no discurso de um ex-diretor do Presídio Serrotão, acusado de abuso e exploração sexual contra adolescentes. Isso mostra que a violência contra adolescentes deixou de ser cometida apenas por parentes.

Tabela 4 - Relação de ocorrência de assaltos e furtos, segundo palavras-chave e localidade.

Palavras-chave	Quant. de vezes	Bairros	Vítimas	Agressor
Assalto	66	Centro, Alto Branco, Catolé, Santa Rosa, José Pinheiro, Santo Antônio, Bodocongó, Liberdade, Nações, Prata, Monte Castelo, Centenário, Alto Branco, Cruzeiro, Cuités, Jeremias, Glória, Jardim Europa, Araxá	Taxista, padre, policial, médico, empresário, dona de casa, professor, cobrador de ônibus	Dupla, jovens, motoqueiros, bando, homem, bandidos, gangue
Assaltante	9	Santo Antônio, Bodocongó, Catolé, Centro, Cruzeiro		Bando, assaltante
Roubo	26	Monte Santo, Prata, Centro, Bodocongó, Palmeira, Catolé, Liberdade, Mirante		Bando, homem, bandidos
Furto	8	Alto Branco, Catolé, Prata		Mulher, bandidos, idoso
Sequestro	5	Bodocongó, Prata, Centro	Taxista, estudante, professor	
Tiros	11	Centro, Catolé		Assaltante, bando
Ferir	2	Centro	Policial	

Tabela elaborada com base nas reportagens do Correio da Paraíba e do Diário de Borborema entre os meses de janeiro e dezembro de 2010. Autoria: Santos, 2010.

Tabela 5 - Relação de ocorrência de homicídios segundo palavras-chave e localidade.

Palavras-chave	Quant. de vezes	Bairros	Vítimas
Assassinato	22	Monte Santo, Centro, Alto Branco, Catolé, Santa Rosa, José Pinheiro, Pedregal, Santo Antônio, Bodocongó	Homem, adolescente, cobrador de ônibus, morador de rua, segurança
Homicídio	12	Pedregal, Bodocongó, Jeremias, Tambor, José Pinheiro, Pedregal, Quarenta, Centro, Catingueira, Bodocongó, Vila Cabral de Santa Terezinha	Homens

Morte	4	Glória II, Bodocongó, Jardim Cavalcanti, Tambor	Dona de casa, ex-presidiário
Morto	26	Santo Antônio, Bodocongó, Severino Cabral, Monte Santo, Jeremias, Vila Cabral, Malvinas, Pedregal, Prata, Dinamérica, Catingueira, José Pinheiro, Quarenta	Homem, jovem, adolescente, pedreiro, ex-presidiário, homem
Esfaquear	9	Bodocongó, José Pinheiro, Centro	Morador de rua, idoso
Drogas	16	Centro, Monte Santo, Jardim Cavalcanti, Conceição, Catolé, Tambor, José Pinheiro, Mutirão, Catingueira, Jardim Menezes, Cinza	Morador de rua, Adolescente
Tiro	22	Monte Santo, Centro, Mutirão, Catingueira, Catolé, Bodocongó, Liberdade	Homem
Execução	8	Severino Cabral, Prata, Mutirão e Bodocongó, Monte Santo, José Pinheiro	Jovem, ex-presidiário, ex-detento
Ferir	7	Cruzeiro	Adolescente
Tráfico	7	----	----
Crime	6	----	----

Tabela elaborada com base nas reportagens do Correio da Paraíba e do Diário de Borborema entre os meses de janeiro e dezembro de 2010. Autoria: Santos, 2010.

Tabela 6 - Relação de ocorrência de tráfico de drogas e comércio ilegal de armas segundo palavras-chave e localidade.

Palavras-chave	Quant. de vezes	Bairros	Vítimas	Agressor
Tráfico	8	Monte Santo	--	Líder de tráfico
Drogas	13	Bodocongó, Novo Horizonte, Pedregal e Malvinas, Cidades, Distrito dos Mecânicos, Liberdade, Glória II	--	Adolescente, jovens e homem
Armas	4	Pedregal, Prata, Cruzeiro, Cidades	--	--
Baleia	3	----	--	--

Tabela elaborada com base nas reportagens do Correio da Paraíba e do Diário de Borborema entre os meses de janeiro e dezembro de 2010. Autoria: Santos, 2010.

Tabela 7 - Relação de ocorrência de violência contra a mulher segundo palavras-chave e localidade.

Palavras-chave	Quant. de vezes	Bairro	Vítima
Agressão	4	-	Contra a mulher
Estupro	2	Velame, Alto Branco, Malvinas, Sto. Antônio, Centro	Adolescente, crianças
Segurança	1	Santo Antônio	Idosa
Abuso	10	Monte Santo, Santa Rosa, Conceição, Cruzeiro	Mulheres, adolescente, crianças
Morte	3	Mutirão	Mulher
Esfaquear	2	Mutirão	Mulher
Violência	1		Contra a Mulher
Agressão	5	Liberdade, Malvinas, Tambor, Distrito Industrial, Nova Brasília, José Pinheiro	
Violência	2		
Drogas	2		

Tabela elaborada com base nas reportagens do Correio da Paraíba e do Diário de Borborema entre os meses de janeiro e dezembro de 2010. Autoria: Santos, 2010.

Portanto, com base nas reportagens dos jornais consultados e agrupados conforme o tipo de crime, pode-se constatar que a presença mais efetiva de crimes na cidade de Campina Grande está relacionada a assaltos, furtos, assassinatos e ao tráfico de drogas, contribuindo assim, na sensação de segurança dos habitantes, interferindo nas práticas especiais dentro da cidade e na proliferação de um “clima de insegurança constante”. De acordo com o observado nas entrevistas, a violência contra mulher é raramente divulgada nas reportagens, uma vez que muitas não fazem o boletim de ocorrência, além do próprio medo de agressão por parte, especialmente, do companheiro.

A perspectiva dos jornais apontou que existe uma alta incidência de crimes no Centro de Campina Grande. Por duas vezes este bairro foi colocado em posição de destaque: a primeira por causa dos assaltos, que no ano de 2010 totalizaram 25. Já com relação aos homicídios noticiados nos jornais, o Centro da cidade ocupou o primeiro lugar total, com 14 ocorrências. Embora corresponda a um espaço de grande movimentação, a alta incidência de crimes tem comprometido a utilização de determinados setores e horários, com mudanças significativas nas práticas territoriais.

O bairro do Bodocongó aparece ocupando a segunda posição em assaltos e homicídios. Diante do *corpus* dos jornais, constatou-se que existem grandes focos de mortes relacionadas com o tráfico ou consumo de drogas. O bairro do Catolé aparece na terceira posição, com dez ocorrências de assaltos e oito de homicídios, e o Alto Branco totaliza nove assaltos nos relatos dos jornais.

A maioria dos crimes ocasionados pelo consumo de drogas não ultrapassou a margem de duas ocorrências por bairro, sendo noticiados os bairros de Santa Rosa, Glória e Liberdade, apesar de algumas edições relatarem Pedregal como um dos espaços de destaque no que se refere ao tráfico. Vale salientar que muitas pessoas preferem não falar sobre este assunto, o que resulta na diminuição de relatos sobre as prisões de indivíduos que estivessem traficando. Já com relação ao comércio ilegal de armas, o local citado nos jornais foi a Feira da Prata. Apesar de ser um ponto de encontro, o local também é vinculado ao comércio de armas ilegais na cidade. Algumas pessoas que foram presas por tráfico e roubo informaram que haviam adquirido armas ilegais na feira.

A violência contra a mulher não foi tão noticiada, uma vez que o medo é um fator preponderante para que as vítimas não venham a se expor nos jornais, assim como o boletim de ocorrência. A maioria dos crimes anunciados nos jornais tem ligação com as drogas e os casos mais comuns dizem respeito aos abusos contra crianças e adolescentes.

Sendo assim, após as primeiras análises da espacialidade da violência na cidade por meio dos discursos dos jornais, observou-se que as informações recolhidas oficialmente na 2ª Delegacia de Campina Grande, sobrepostas, apontavam para determinados bairros da cidade.

No que se refere à “geografização” dos homicídios, destacaram-se o Centro (14), Bodocongó (9), Catolé (8), José Pinheiro (5), Pedregal (5) e Catingueira (4), conforme poderá ser observado no mapa 4.

Com relação ao tráfico de drogas (mapa 5), nenhum dos bairros nos jornais superou a média de 2 ocorrências, sendo estes Monte Santo, Santa Rosa, Glória e Liberdade. No entanto, de acordo com informações obtidas oficialmente, o bairro que teve o maior índice de pessoas autuadas em flagrante foram José Pinheiro (17); Centro (12); Serrotão, Santa Rosa e Estação Velha (7); Liberdade e Bodocongó (6).

Desta forma, tanto das análises dos jornais quanto dos dados adquiridos na Delegacia de Polícia Civil da cidade emergiram alguns questionamentos acerca da concentração de crimes como assaltos, homicídios e tráfico de drogas na área central, mais especificamente no Centro de Campina Grande.

Com base nos questionários aplicados à população acima de 18 anos, em três pontos de uso e acesso coletivos o Terminal Integrado de Ônibus e a Praça da Bandeira, no Centro da cidade, e a Rua Juscelino Kubitschek, no Presidente Médici, pôde-se obter a terceira parte da espacialidade do fenômeno da violência na cidade de Campina Grande.

Os questionários (76) foram divididos em duas partes: questões de caráter pessoal e conhecimento sobre a violência na cidade. Do total de pesquisados, 57 pessoas afirmaram que possuíam naturalidade campinense, 12 eram advindas de outras cidades do Estado e 3 de Pernambuco. Os principais motivos dessas migrações foram de caráter familiar ou de trabalho. Dentre os bairros onde os entrevistados residiam constatou-se, em primeiro lugar o Presidente Médice, em seguida o

Cruzeiro, Ressureição e Bodoncongó. Dos entrevistados, 45 afirmaram ter vínculo empregatício e 31 relataram serem estudantes, aposentados ou não exercerem atividades remuneradas. As profissões mais citadas foram aquelas ligadas a empresas ou serviços próprios. Dentre os entrevistados, 60 afirmaram ter residência própria e apenas 11 alugam.

A segunda parte do questionário abrangeu as áreas específicas de conhecimentos relacionados à temática da violência. A primeira pergunta referiu-se à classificação do bairro em que estes moravam, seguindo os seguintes critérios: a) seguro, mas tenho medo de andar em determinados horários, b) seguro, não tenho problemas em andar no bairro, c) inseguro, apenas em alguns horários, ou d) inseguro. Houve um empate entre as assertivas a e c, o que mostra que, em determinados horários, os bairros se tornam inseguros e as pessoas têm medo de andar. Apenas 14 dos entrevistados afirmaram não ter medo e andar sem problemas. Os 11 restantes afirmaram que os bairros são inseguros.

Foi pedido ainda aos entrevistados que assinalassem, em ordem de prioridade, no mínimo três tipos de crimes que eles considerassem mais violentos. Em primeiro lugar apareceu assassinato, com 19 votos; em seguida violência contra a mulher, com 17 votos; assaltos, com 11 votos; tráfico, com 9 votos e agressão, com apenas 4 votos.

Dentre os principais problemas vividos no bairro, os entrevistados responderam que seria a ausência de áreas de lazer e policiamento, ambas com 53 votos; em segundo lugar a falta de segurança, com 38; e, abaixo de 24, acessibilidade, iluminação pública e representação comunitária. Dos que responderam aos questionários, 61 afirmaram que não possuem conhecimento de projetos desenvolvidos pela prefeitura ou Secretaria de Segurança para a promoção da segurança nos bairros, enquanto 8 confirmaram haver rondas à noite, abertura de concursos para a guarda municipal e o projeto do PAC, observando-se, portanto, uma preocupação com a segurança pública.

Diante desta perspectiva, perguntou-se aos entrevistados se eles achavam segura a cidade de Campina Grande: 41 responderam que não, 25 disseram que apenas em algumas áreas e 7 afirmaram que Campina Grande é segura. Questionados sobre a vigilância nos bairros, 38 responderam ser inexistente este tipo de ação e 24 responderam que existe vigilância em seus bairros, sendo que, na maioria, a segurança é realizada por empresas privadas e vigilantes contratados para realizar o serviço.

Questionados sobre quais os bairros mais violentos da cidade (mapa 6), os entrevistados citaram vários. No entanto, destacou-se o José Pinheiro, citado 36 vezes; em seguida o Pedregal, 26 vezes; Jeremias, 21, e Ramadinha, 14; e Glória e Araxá, citados 8 vezes. No que concerne ao costume de visitar outros bairros, as pessoas responderam que o Centro (11), Catolé (10) e Liberdade (8) eram os bairros mais visitados por eles, seguidos por José Pinheiro (6), Malvinas, Catingueira e Santa Rosa (4). Vale ressaltar que 8 responderam não possuir o costume de ir a outras áreas da cidade e 13 não opinaram a respeito. Os entrevistados responderam 35 vezes que achavam estes bairros violentos, sendo os principais crimes assalto (18) e assassinato (6).

Tendo como base o ano de 2010, foi perguntado aos mesmos se haviam sido vítimas de algum tipo de violência. Dezesete afirmaram que sim e 58 que não. Diante do exposto, interrogou-se se as vítimas fizeram o boletim de ocorrência, e apenas 7 de 34 pessoas vitimizadas afirmaram ter registrado.

No que se refere à utilização de espaços públicos, 52 afirmaram não usufruir de espaços públicos dos bairros, 13 afirmaram não possuir espaços destinados ao lazer e 12 disseram que possuem praças, parques, pistas de caminhada, campos de futebol e igrejas.

Por fim, a última questão pediu que as pessoas conceituassem violência e segurança. A violência, de acordo com os entrevistados, é um ato de desrespeito, que prejudica fisicamente e psicologicamente os seres humanos, capaz de promover a insegurança e inibir o cidadão de se locomover, pois este evita trafegar em determinadas ruas e sair de casa em alguns horários. Portanto, essa situação se configura em violência contra a mulher, assaltos, mortes, tráfico de drogas, agressão física ao patrimônio, medo, destruição e raiva. Tudo isso resulta da falta de segurança, má distribuição de renda e falta de políticas públicas.

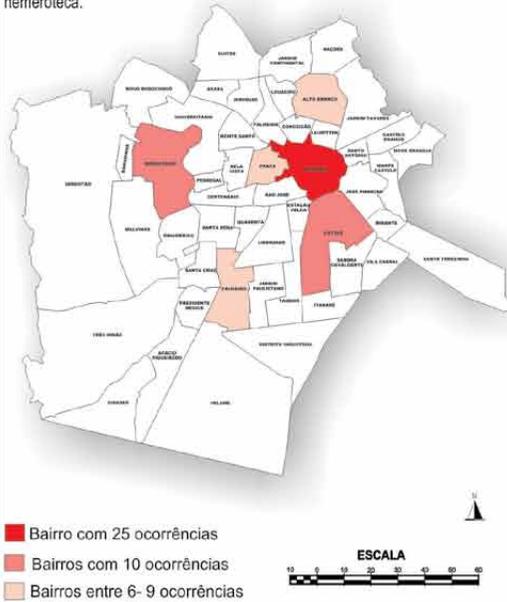
Conforme registro dos entrevistados, a segurança é dever do Estado, sendo um conjunto de medidas que conferem ao cidadão liberdade de andar e morar sem inibir-se por causa do medo. Dentre as medidas elencadas pela população, o policiamento é a forma mais plausível de se combater tal problemática, colaborando para que os cidadãos possam utilizar os locais com tranquilidade.

Em síntese (mapa 7), diante das análises qualitativas e dos dados quantitativos, notou-se que a violência na cidade de Campina Grande difere em determinados bairros, tendo alguns um efetivo de crimes mais incidente, como é o caso do Centro, que apareceu em primeiro lugar nos assaltos, conforme os jornais Diário da Paraíba e Correio de Borborema. Nos dados estatísticos oficiais, o Centro ocupa a segunda posição em homicídios e tráfico de drogas.

Bodocongó também ocupa posição de destaque nos dados oficiais, ocupando o primeiro lugar na ocorrência de homicídios (18). Outros bairros que também se destacaram, sobrepondo os dados dos diversos tipos de crimes e os dados estatísticos da delegacia, foram o Catolé e o José Pinheiro.

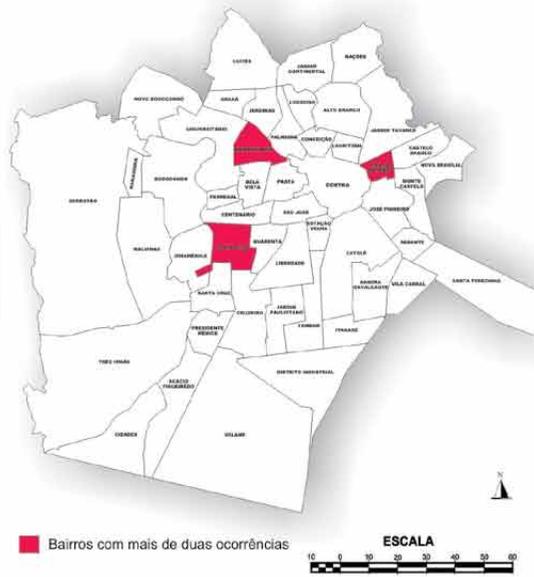
Mapa 2: ROUBOS

Bairros com ocorrência de roubos e furtos em 2010, conforme registro da hemeroteca.



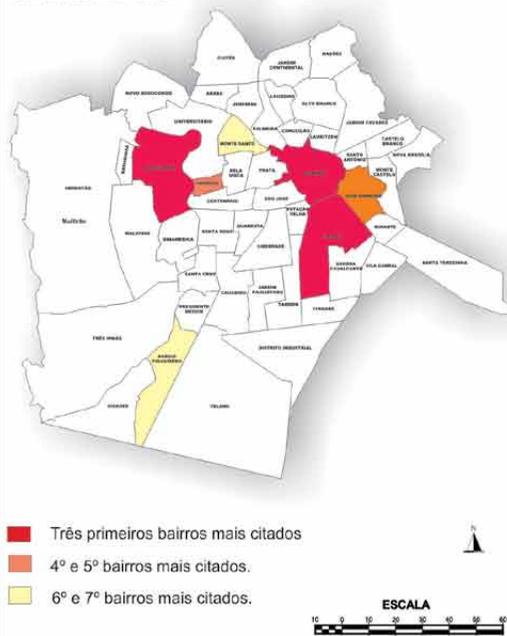
Mapa 3: VIOLÊNCIA CONTRA A MULHER

Bairros com ocorrência de violência contra a mulher em 2010, conforme registro da hemeroteca.



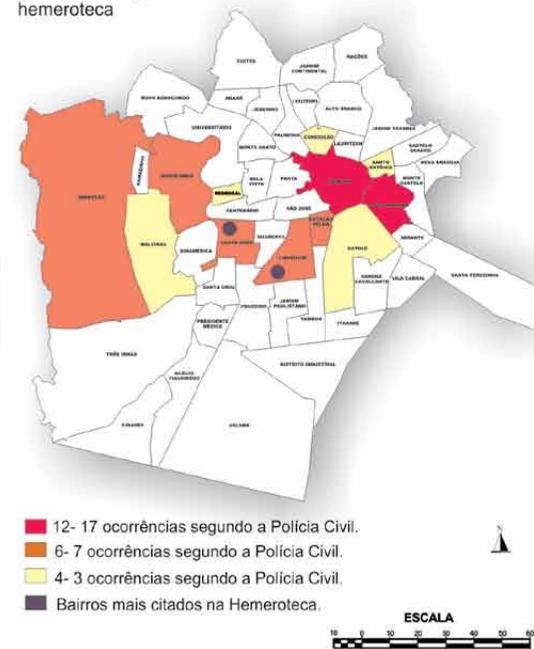
Mapa 4: HOMICÍDIOS

Superposição dos dados oficiais da Polícia Civil e hemeroteca do ano de 2010, referentes aos homicídios:



Mapa 5: TRÁFICO DE DROGAS

Relação dos bairros com maiores índices de tráfico de drogas e comércio ilegal de armas conforme dados da Polícia Civil e hemeroteca



Mapas 2,3,4 e 5.
Organizado por SANTOS e SOUZA JÚNIOR, 2011.

No entanto, apesar de José Pinheiro estar no primeiro lugar do tráfico de drogas, com 17 pessoas presas, e de ter sido citado 36 vezes nos questionários, a maioria dos entrevistados citou também Pedregal (26), Jeremias (21) e Ramadinha (14), Glória e Araxá (8), e como relatado anteriormente, nenhum destes bairros ocupa posições de relevância nas análises dos jornais e da delegacia.

Sendo assim, nota-se que existe uma difusão de sensações de medo e insegurança para com os bairros periféricos da cidade. No entanto, os crimes mais relevantes foram cometidos nas áreas centrais da cidade. Vale lembrar também que não existe um efetivo de prisões e boletins de ocorrência nesses bairros por causa do medo que determinados indivíduos impõem, sonhando o exercício do direito dos cidadãos quanto ao policiamento.

5. Conclusão

A partir das etapas realizadas e dos resultados obtidos, observou-se que alguns bairros da cidade se destacam várias vezes em tipos diferentes de crimes, fato que remete à importância de se efetivar uma política específica que estabeleça medidas punitivas e de cunho preventivo. Com base nas informações obtidas na hemeroteca, questionários e dados oficiais adquiridos na 2ª Delegacia de Polícia Civil de Campina Grande, chegou-se à conclusão de que a violência se “geografiza” em setores estratégicos da cidade de Campina Grande, criando uma sensação de insegurança e consequente redução no uso dos espaços, comprometendo a inclusão desta cidade na rede de cidades sustentáveis.

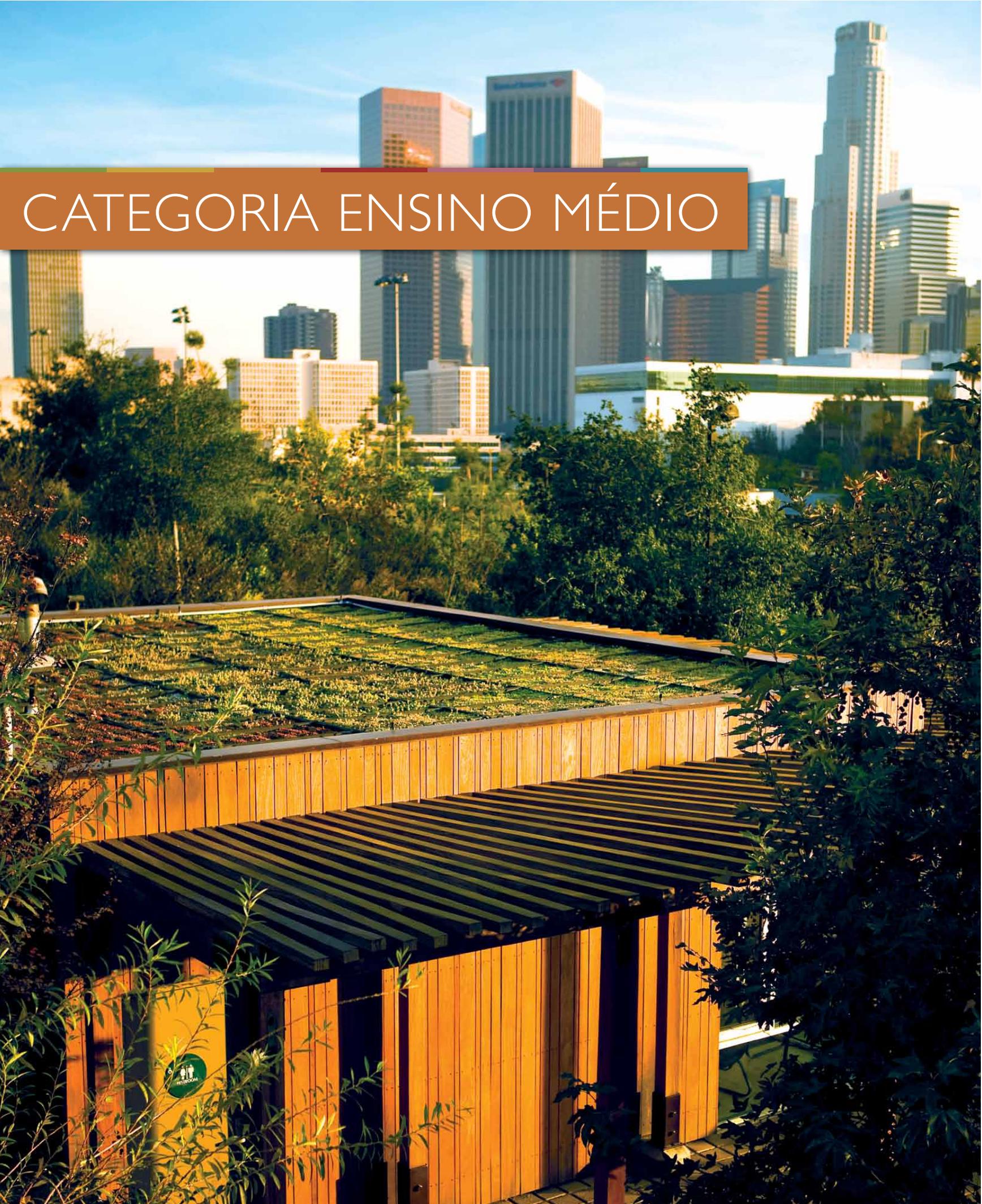
Os espaços mais destacados foram aqueles que possuem equipamentos oficiais para lazer e uso público: Centro, Bodocongó e Catolé. Apesar de serem bairros diferentes, tendo em vista a quantidade de moradores e o perfil socioeconômico, tais bairros mostraram registros alarmantes, que se associam, em grande parte, ao tráfico de drogas e aos respectivos “acertos de contas”, bem como a falta de infraestrutura das ruas e de policiamento, que facilitam os assaltos. Vale ressaltar que dois bairros foram demasiadamente citados nos questionários aplicados à população: José Pinheiro e Pedregal. O primeiro apareceu nos dados oficiais sobre pessoas autuadas por tráfico de drogas, com números bastante expressivos.

A geografia da situação de insegurança urbana em Campina Grande está, portanto, relacionada a fatores condicionantes da prática de ambiência urbana, fato que interfere tanto nas práticas urbanas como na apropriação dos espaços de uso público. Verifica-se, assim, a ocorrência de processos de autosegregação (voluntária e involuntária), especialmente nos seguintes espaços públicos: Praça da Bandeira, Parque Evaldo Cruz (Açude Novo), Parque do Povo, Parque da Criança e Feira da Prata, principais cartões postais da imagem de cidade sustentável criada para Campina Grande.

6. Referências Bibliográficas

- Anuário estatístico da Paraíba (2001-2003). João Pessoa: Ideme, 2003.
- Atlas Geográfico do Estado da Paraíba. João Pessoa: UFPB, 1985.
- CARLOS, Ana F. A. *Espaço-tempo na metrópole: a fragmentação da vida cotidiana*. São Paulo: Contexto, 2001.
- DINIZ, Maria Helena. *Dicionário jurídico*. v. 4. São Paulo: Saraiva, 1998.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Banco de dados 2010. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1> Acesso em: 17 de julho de 2011.
- LE GOFF, Jacques. *Por amor às cidades: conversações com Jean Lebrun*. São Paulo: Unesp, 1998.
- LEFEBVRE, Henri. *O Direito à Cidade*. São Paulo: Centauro, 2001.
- MINAYO, Maria C. de Souza; ASSIS, Simone Gonçalves; SOUZA, Edinilsa Ramos (Org.) *Avaliação por triangulação de métodos: abordagem de programas sociais*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2005.
- SANTOS, Márcia; RAMIRES, Júlio. *Geografia e Pesquisa Qualitativa*. Uberlândia: Assis, 2009.
- SANTOS, Márcia; RAMIRES, Júlio. *Geografia e Pesquisa Qualitativa*. Uberlândia: Assis, 2009.
- SANTOS; Samara Iris de Lima. *Mapeamento da violência urbana em Campina Grande-PB*. UFCG, 2011.
- SILVA JÚNIOR, Geraldo Francisco. "Campina Grande: desenvolvimento histórico no século XX". In *Campina Grande em Debate: a condição urbana da periferia pela lente do trabalho e das políticas públicas*. Campina Grande: Eduerp, 2009.
- SILVEIRA, Andréa Maria. "A prevenção dos homicídios: desafio para a segurança pública" In *Compreendendo e avaliando projetos de segurança pública*. Belo Horizonte: UFMG, 2008.
- SOUZA JUNIOR, Xisto Serafim de Santana de. "O uso do método qualitativo na análise da influência dos movimentos sociais urbanos na produção do espaço" In *Revista de Ciências Humanas e Artes*, v.16, nº 1/2. Campina Grande: 2010.
- TANGERINO, Davi. *Crime e cidade: Violência Urbana e a Escola de Chicago*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2007.
- WASELFISZ, Júlio Jacob. *Mapa da violência dos municípios brasileiros*. Brasília: MJ/MS: RITLA/Instituto Sangari, 2008.
- WASELFISZ, Júlio Jacob. *Mapa da violência dos municípios brasileiros*. Brasília: MJ/MS: RITLA/Instituto Sangari, 2010.

CATEGORIA ENSINO MÉDIO



1º Lugar

ANA GABRIELA PERSON RAMOS

Escola Técnica Conselheiro Antônio Prado (SP)

Embalagens Ecológicas para Mudas

2º Lugar

BEATRIZ FERROLI CAVALCANTE

Centro Educacional de Palmas (TO)

Cortina Verde Sustentável nas Escolas Públicas de Palmas (TO)

3º Lugar

MARINA JARDIM FARIA DE ARAÚJO

Colégio Anglo-Americano de Volta Redonda (RJ)

Desenvolvimento de uma Composteira em Ambiente Aeróbio/Anaeróbio



10
LUGAR

CATEGORIA ESTUDANTE DO ENSINO MÉDIO
**Embalagens Ecológicas
para Mudanças**

Autor:

Ana Gabriela Person Ramos
(ninabi@hotmail.com)

Orientador:

Erica Gayego Bello Figueiredo Bortolotti
(ericafb@uol.com.br)

Instituição de Vínculo:

Escola Técnica Conselheiro Antônio Prado (ETECAP)

1. Resumo

O trabalho Embalagens Ecológicas iniciou-se a partir da ideia de promover a substituição do plástico das embalagens comumente usadas no plantio de mudas por algo que se decomponha rapidamente, visto que o material plástico causa sérios problemas ambientais, como a produção de lixo em demasia e a contaminação do solo e da água devido à sua demorada decomposição e liberação de toxinas. Para substituir o plástico de forma ecológica, nada melhor que aproveitar resíduos de biomassa, como a casca de coco verde, o bagaço de cana, cascas de frutas diversas, serragem, entre outros, proporcionando assim a solução de dois importantes problemas ambientais: o descarte de resíduos de biomassa e a produção excessiva de plástico. A utilização de resíduos na confecção também incentiva a otimização na produção dessas embalagens notadamente para a população de baixa renda; além de constituir uma tecnologia alternativa útil, que se encaixa perfeitamente no princípio da sustentabilidade.

2. Apresentação

As embalagens plásticas surgiram no final de década de 1950 e revolucionaram a vida moderna. Cerca de meio bilhão de toneladas desse material são produzidas anualmente a partir de hidrocarbonetos fossilizados. São materiais reutilizáveis que, no entanto, acabam sempre no lixo, realizado um ciclo do berço ao túmulo, pois não se decompõem e nem sempre são ou podem ser reciclados.

Diante disso, embalagens que se degradam no ambiente são soluções sustentáveis. A pesquisa e o desenvolvimento de embalagens ecológicas para mudas é de grande importância ambiental, uma vez que estas são produzidas em embalagens plásticas que muitas vezes são plantadas junto, criando um problema ambiental, pois além de não decomporem, podem impedir o desenvolvimento das raízes. As embalagens ecológicas se mostraram viáveis, pois: as mudas são transplantadas sem a sua retirada, é sustentável e não prejudica o solo, decompõe, serve de substrato para a planta e evita o enovelamento das raízes.

A sua substituição por resíduo de biomassa é uma alternativa que deve ser difundida e aprimorada, visto que é uma solução para dois tipos de problema: o uso do plástico e o descarte de resíduos orgânicos.

A biomassa é um material constituído principalmente de substâncias de origem orgânica, como a lenha, o bagaço de cana-de-açúcar, os resíduos florestais, os resíduos agrícolas, a casca de arroz, os

excrementos de animais, entre outras. Essa fonte energética é renovável, pois a sua decomposição libera CO_2 na atmosfera, que, durante seu ciclo, é transformado em hidratos de carbono por meio da fotossíntese realizada pelas plantas.

A quantidade de resíduos de biomassa produzida é astronômica. No caso da cana-de-açúcar, por exemplo, estima-se que cerca de 175 milhões de toneladas de bagaço e palhas secas foram produzidos em 2010, considerando dados da Companhia Nacional de Abastecimento. É difícil estimar o total de resíduos agropecuários produzidos no País, mas acredita-se que o número seja da ordem de 1 bilhão de toneladas por ano. Portanto, é fácil entender que resíduos são matérias-primas de baixo custo disponíveis nos locais onde são produzidas.

O uso de biomassa residual é uma opção viável para a substituição dos derivados de petróleo no Brasil, não apenas para geração de energia, mas também para a produção de materiais como plásticos e borrachas (polímeros). A redução do uso de produtos petroquímicos urge nos dias de hoje por dois motivos principais: o primeiro é relacionado à grande variação do preço do petróleo, ameaça de escassez e sua distribuição irregular na Terra, fatos que têm causado conflitos e guerras. O segundo motivo está ligado às mudanças climáticas, ocasionadas pela emissão de gases do efeito estufa.

Acredita-se que utilizando resíduo de biomassa e jornais usados será possível desenvolver embalagens compostáveis, que sustentem a muda por um tempo razoável enquanto esta estiver na estufa e que sirva de meio nutritivo para o desenvolvimento da muda quando esta for plantada.

O objetivo geral é produzir uma embalagem para mudas ecologicamente correta, feita de resíduos de biomassa (bagaços, palhas, cascas, serragem etc.), que não polua o solo, como fazem as embalagens convencionais, e que se decomponha facilmente, sendo utilizada pela planta como um meio rico em nutrientes.

Objetivos específicos: reduzir o uso de saquinhos plásticos; reciclar o lixo orgânico; incentivar a educação ambiental; analisar o tempo de decomposição das embalagens produzidas e desenvolver outras embalagens, como porta-caneta, porta-treco etc.

3. Desenvolvimento

Materiais

Tabela 1. Materiais para a construção das embalagens ecológicas

MATERIAL	QUANTIDADE/DESCRIÇÃO
Jaca	2 unidades
Jornal	2 unidades
Argila	200 gramas
Bagaço de cana	10 quilos
Fibra de coco	10 quilos
Papel usado	200 gramas
Amido de milho	1,5 quilos
Cola branca	4 quilos
Calcário	100 gramas
Serragem	300 gramas
Água	Não contabilizado
Molde	20 unidades

4. Método

Embalagens feitas a partir de resíduos de biomassa:

1. Tratar o resíduo com água sanitária por algumas horas para que a contaminação por microorganismos diminua.
2. Secar e triturar o resíduo.
3. Adicionar cola branca, amido, calcário ou argila até dar liga.
4. Moldar e deixar secar ao sol ou em estufa.

Embalagem de jornal

1. Coletar jornais antigos e dobrar as folhas soltas em retângulos de diversos tamanhos (de acordo com o tamanho da embalagem desejada).
2. Dobrar sempre em retângulos menores até formar tiras compridas e resistentes.
3. Depois de prontas, colar as tiras de jornal umas às outras, até formar uma espiral. Para obter mais firmeza, pode-se utilizar um molde e enrolar as tiras ao seu redor, usando cola, com precisão, para que fiquem bem próximas.
4. Esperar secar e estará pronto para uso.

Depois de prontas as embalagens, serão plantadas as mudas e observado o processo de crescimento e decomposição de cada uma. As embalagens também serão enterradas para que se possa saber o seu tempo de decomposição.

5. Resultados e Discussão

Desenvolveu-se uma variedade de embalagens com diferentes resíduos, dentre eles o bagaço de cana-de-açúcar, jornal, casca de coco verde, jaca, serragem e amido de milho vencido.



Figura 1. Embalagem feita de jornal



Figura 2. Embalagem feita de casca de coco verde



Figura 3. Jaca madura e papel



Figura 4. Embalagem feita de jaca verde

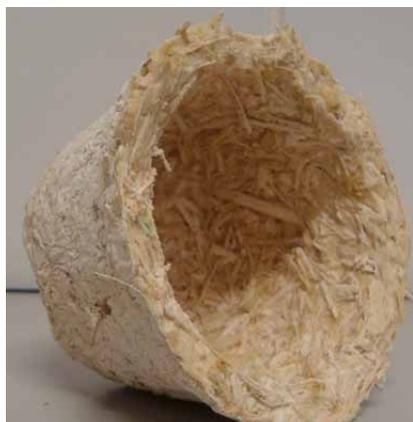


Figura 5. Bagaço de cana com amido



Figura 6. Coco com calcário



Figura 7. Serragem e argila



Figura 8. Bagaço de cana



Figura 9. Embalagem feita de casca de coco com fibra maior

Análise da decomposição

Analisou-se o tempo de decomposição de cada tipo de embalagem produzida da seguinte forma: um pedaço de cada vaso foi cortado e pesado, de modo que todos tivessem o mesmo peso. Depois, no dia 15 de abril de 2011, todos eles foram enterrados no aquário de decomposição, que estava cheio de terra, substrato que foi coletado do próprio solo da escola. Foram dispostos separadamente e bem próximos ao vidro do Aquário (figura 10), para que a decomposição pudesse ser acompanhada.

No dia 16 de junho de 2011, os vasinhos foram retirados do aquário e pesados novamente para que a massa que foi decomposta pudesse ser contabilizada (tabela 2). Todos os vasos apresentaram massa maior do que a inicial, possivelmente pela absorção de umidade. A embalagem de jaca madura foi a que mais apresentou aspecto de decomposição, porém o teste continua sendo realizado.



Figura 10. Análise da decomposição das embalagens produzidas

6. Conclusão

Produzir embalagens por meio de resíduos é uma alternativa viável para a substituição do plástico, de baixo custo e fácil de ser construída, com a vantagem de que não gera lixo, é renovável e limpa, podendo promover mudanças no hábito da população e sensibilização ambiental. Pode representar uma alternativa em comunidades de baixa renda, que muitas vezes recolhem lixo para revenda, fomentando assim a prática do artesanato e da recuperação de resíduos orgânicos.

Os objetivos do projeto foram atingidos e a utilização dos resíduos de biomassa é totalmente viável.

A análise do tempo de decomposição não está totalmente concluída, porém sabe-se que é bem menor do que o da embalagem plástica.

7. Referências Bibliográficas

1. Agropote - Embalagens para mudas
<http://www.agrofior.com/index.php?pag=menu&idmenu=92>
Acessado em 21/10/10, às 10h38min.
2. Artesanato em Holambra
<http://cosmo.uol.com.br/noticia/51146/2010-04-15/artesaos-de-holambra-criam-com-bagaco-da-cana.html>
Acessado em: 3/11/10, às 12h30min.
3. Biomassa <http://www.brasilecola.com/geografia/biomassa.htm>
Acessado em 1/9/10, às 20h10min.
4. Biomassa
<http://www.agrosoft.org.br/agropag/217493.htm>
Acessado em 14/6/11, às 16h20min.
5. Pavimentação com bagaço de cana
<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2010/270/pavimentacao-com-bagaco-de-cana>
Acessado em 2/10/10, às 14h56min.
6. Casca de coco verde
<http://www.scielo.br/pdf/hb/v20n4/14486.pdf>
Acessado em 14/6/11, às 16h32min.
7. Compostagem
<http://www.suapesquisa.com/reciclagem/compostagem.htm>
Acessado em 1/9/10, às 20h.
8. Riqueza no lixo
<http://www.reporterbrasil.org.br/imprimir.php?escravo=1&id=46>
Acessado em 1/12/10, às 16h3min.
9. Técnicas para a produção de mudas
<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr23/cap07.pdf>
Acessado em 1/12/10, às 16h40min.
10. Plástico libera toxinas
<http://noticias.terra.com.br/ciencia/noticias/0,,013931020-EI238,00-Plasticos+se+decompoe+na+agua+e+liberam+toxinas+diz+pesquisa.html>
Acessado em 15/6/11, às 13h50min.
11. Enovelamento das raízes
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542010000200008
Acessado em 15/6/11, às 14h1min.



CATEGORIA ESTUDANTE DO ENSINO MÉDIO
Cortina Verde Sustentável
nas Escolas Públicas de Palmas

Autor:

Beatriz Ferroli Cavalcante
(beatriz_ferroli@hotmail.com)

Orientador:

Roberto Souza Oliveira
(rso1@terra.com.br)

Instituição de Vínculo:

Centro Educacional de Palmas

1. Introdução

Primeiramente, alcançar o status de “cidade sustentável” requer a construção de cidadãos com tendências e objetivos sustentáveis e conscientes. Para isso, é necessário o envolvimento da sociedade em iniciativas ambientais, para que as próximas gerações não tenham seu futuro afetado.

O envolvimento de crianças e jovens com a natureza é primordial no que tange aos aspectos de responsabilidade ecológica e social. Contudo, é essencial que esses jovens tenham prazer em cuidar do meio ambiente, e que isso não se torne uma atividade monótona.

Problemática e Objetivo

Pensando nisso, discorre-se sobre a problemática do município de Palmas.

Palmas, a capital do Estado do Tocantins, localiza-se na parte setentrional do País. Com média de temperatura anual de 33°C, chegando a 36°C em setembro, a capital apresenta clima quente todo o ano, além de ser um dos lugares do País onde a umidade relativa do ar é considerada crítica, principalmente na estação da seca (o que se agrava bastante com as queimadas ilegais).

O município de Palmas possui em torno de cem escolas municipais e estaduais e, mesmo com aparelhos de ventilação, grande parte sofre com as altas temperaturas, o que diminui o rendimento dos alunos - pois ficam mais sensíveis a doenças respiratórias como rinite, bronquite e asma - e a qualidade das aulas, que poderiam ser mais bem aproveitadas em um ambiente mais agradável, que melhorasse o desempenho dos estudantes.

Logo, o objetivo desse projeto é a construção, nas escolas públicas de Palmas, da Cortina Verde Sustentável, que amenize a sensação climática e funcione como um meio de obtenção de alimentos para o consumo. Ademais, o plantio de vegetais trará benefícios não só para os estudantes, mas para a escola, que economizará nos gastos com alimentação e energia elétrica.

A Cortina Verde Sustentável é uma cobertura vegetal no sentido vertical, de baixo custo financeiro, que utiliza materiais biodegradáveis como o fio suporte intermediário de agave (sisal) e o arame recozido como suportes superior e inferior. Utiliza também garrafas PET para auxiliar no crescimento e no “enroscamento” dos vegetais.

2. Pesquisa de Campo 1

A pesquisa iniciou-se com um trabalho de campo nos principais viveiros especializados em plantas típicas (exóticas do cerrado - vegetação original da região). Procuraram-se, primordialmente, plantas trepadeiras que fossem resistentes às altas temperaturas e à exposição solar constante.

São recomendáveis as espécies Laranja Trepadeira *Citrus (Citrus Sinensis)*; Maracujá (*Passiflora sp.*); Uva Parreira (*Vitis sp.*). Todos os vegetais pesquisados são resistentes ao clima da região, de vida perene e produtores de frutas nutritivas e saudáveis, que podem servir de alimento (utilizando-os para o preparo de sucos, bolos e consumo da própria fruta) para os estudantes.

3. Pesquisa de Campo 2

Tendo em vista o modelo estabelecido da Cortina Verde Sustentável, a próxima etapa do projeto foi outra pesquisa de campo, nas escolas de Palmas. Foi escolhida a Escola Municipal Darcy Ribeiro, que comporta aproximadamente 567 alunos.

Inicialmente, foram analisadas as condições estruturais da escola, tais como: infraestrutura arquitetônica, área verde disponível, totalidade de salas de aula e localização das áreas mais atingidas pelos raios solares nos períodos matutino e vespertino.

Foram coletados os seguintes dados: na escola, nenhuma sala possuía sistema de refrigeração, apenas de ventilação; a escola não trabalhava com aulas práticas, apenas teóricas; possuía, também, projetos voltados ao meio ambiente, como reciclagem e redução do desperdício. Foi medida a temperatura do ambiente no dia 21 de agosto de 2011, que era de 37°C às 15h30.

Também foi feita uma entrevista com estudantes de 11 a 14 anos sobre as plantas nativas do Estado do Tocantins e constatou-se que menos de 30% dos estudantes conse-

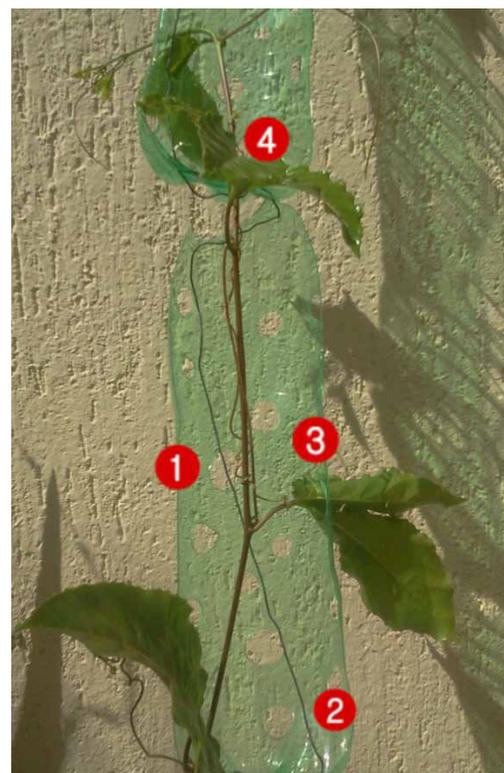


Figura 1 - Modelo protótipo Cortina Verde Sustentável (utilizou-se o maracujá)

guiram identificar as espécies vegetais típicas da região. Na ocasião, utilizou-se no questionário vegetal o buriti (*Mauritia flexuosa*), a mangaba (*Hancornia speciosa*), a cagaita (*Eugenia dysenterica*), o pequi (*Caryocar brasiliensis*) e o ingá (*Ingá edulis*).

4. Etapa 1

São necessários os seguintes materiais para a elaboração da Cortina Verde Sustentável:

Antes de instalar a cortina na parede, deve-se montar a estrutura mediana com garrafas PET. As garrafas PET substituirão a tradicional madeira, utilizada para construção desse aparato, e servirão de base para o crescimento das plantas (figura 1). Elas deverão ser, primeiramente, cortadas ao meio (no sentido vertical, número 1 da figura 1). Em seguida, fazem-se furos de diâmetros variados, de modo que a planta possa ter espaçamento para o crescimento ideal (número 3 da figura 1).

- O suporte da Cortina pode ser instalado diretamente no solo ou em vasos. No caso da Escola Darcy Ribeiro, o melhor material seria o arame recozido (número 2 da figura 1) para fixação superior (nas pilastras do telhado) e inferior (em que é feita uma cova no solo de, aproximadamente, 20 centímetros).
- A fixação do arame deve ser feita por um especialista, para que não ocorra nenhum dano ou mesmo a queda da cortina durante o uso. Contudo, a manutenção pode ser feita por qualquer pessoa. Uma vez instalada, a cortina apenas necessita de cuidados relacionados às plantas.
- O fio de agave pode ser utilizado para fixar as garrafas PET umas às outras (fazendo um “nó cego” a cada duas garrafas); em sua composição encontra-se o vegetal sisal (*Agave sisalana*), bastante resistente a condições climáticas adversas, como calor, chuva e vento. Este fará parte do suporte em que as trepadeiras forem plantadas.
- A figura 2 indica os respectivos lugares em que deve ser instalada a cortina: nos números 1 e 2 deve-se fixar o arame recozido; o número 3 indica o local onde a cortina vai se estender; e, por fim, o número 4 indica um local calculado para a circulação de pessoas, a fim de uma melhor manutenção da cortina.



Figura 2 - Escola Municipal Darcy Ribeiro

5. Etapa 2

Plantio dos vegetais:

- Depois de instalada a cortina, procede-se ao plantio dos vegetais.
- Primeiramente, devem ser feitas a adubação e a aeração do solo para que receba a semente ou muda da planta.
- Para a região do cerrado foram indicados os seguintes vegetais, já citados: uva parreira, laranja citrus, maracujá, entre outras plantas que suportam o clima do município.
- O plantio das sementes deve ser feito calculando-se o espaçamento necessário para que não ocorra competição entre as plantas. Em geral, deve-se plantar cada muda ou semente a uma distância de 0,5 metro a 1,0 metro de raio.
- Após o plantio, deve haver um cuidado especial com o vegetal: a fase de crescimento deve ser acompanhada da irrigação.
- Nessa fase, os próprios estudantes podem manter uma relação mais estreita com a natureza. Auxiliado por professores e responsáveis, cada estudante pode contribuir para o crescimento saudável da cortina e, principalmente, notar os resultados atingidos com a implantação do projeto.
- O valor orçamental para a construção da Cortina Verde Sustentável é, em média, de 100 a 200 reais, dependendo da extensão da cortina.

O objetivo da construção da Cortina Verde Sustentável é a busca de uma alternativa sustentável para amenizar a sensação de calor nas escolas públicas e aproximar os jovens da natureza. Outras vantagens seriam o aumento do rendimento escolar dos estudantes, a melhora da qualidade das aulas ministradas, a produção de alimentos saudáveis para consumo interno e a diminuição dos gastos com energia elétrica.

Projeções feitas para a Cortina Verde Sustentável indicam a diminuição de até 40% do calor do ambiente no qual se constrói o aparato. A utilização da cortina reduz de 10% a 20% do consumo de energia com aparelhos de ventilação, e essa economia poderia servir para sanar alguma deficiência da escola.

Além de a Cortina Verde Sustentável ser uma opção viável tanto economicamente quanto ambientalmente, a adesão das escolas a esse aparato deve provocar uma mudança na consciência ecológica dos alunos, dos funcionários e, enfim, da comunidade local.

6. Referências Bibliográficas

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa Solos, 1999.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Rima, 2000.

LEVITT, J. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. New York: Academic Press, 1972.

Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta, v.8, nº 1, p. 83- 93, 2010.

Sites:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvaNiagaraRosadaRegioesTropicais/implantacao.htm> (acessado em 15 de agosto de 2011)

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Palmas#Clima>

<http://portal.palmas.to.gov.br/secretaria/educacao/> (acessado em: 17/08/2011)

30
LUGAR



CATEGORIA ESTUDANTE DO ENSINO MÉDIO

Desenvolvimento de uma Composteira em Ambiente Aeróbio/Anaeróbio

Autor:

Marina Jardim Faria de Araujo
(marina_jfa@hotmail.com)

Orientador:

Robson Paulino da Silva
(robsongeo4@yahoo.com.br)

Instituição de Vínculo:

Colégio Anglo-Americano de Volta Redonda

Resumo

Em nosso trabalho, propomos como fonte principal de pesquisa o desenvolvimento de um sistema predominantemente anaeróbio para tratamento do lixo orgânico produzido em residências. Buscamos aplicar tal sistema baseados no fato de que, segundo dados da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Volta Redonda (RJ), são produzidos diariamente no município, em média, 210 toneladas de lixo. Segundo a associação empresarial Compromisso Empresarial com a Reciclagem (Cempre), o percentual médio de lixo orgânico em relação ao lixo urbano geral é de 52% no Estado do Rio de Janeiro. Considerando esse percentual como adequado também ao município de Volta Redonda, concluímos que a produção de lixo orgânico em Volta Redonda é de 109,2 toneladas/dia. O problema é que, no município em foco, bem como na grande maioria dos municípios brasileiros, todo o lixo produzido costuma ser disposto em lixões, que são locais inadequados e totalmente agressivos ao meio ambiente. Então, com base numa proposta de trabalho escolar elaborada pelo professor Robson Paulino da Silva, decidiu-se avançar e desenvolver uma composteira que pudesse, em caso de funcionamento adequado, ser utilizada em larga escala, de modo que reduzisse o lançamento de lixo em locais inapropriados, causando a poluição do solo, do ar, da água subterrânea e da água superficial, como acontece no município de Volta Redonda. A ideia de se fazer uma composteira aeróbia/anaeróbia surgiu após estudarmos alguns tipos de composteiras existentes no mercado e verificarmos seus principais problemas de operação. Assim, partimos primeiramente para o cálculo da produção de lixo orgânico nas casas das alunas pesquisadoras, calculamos o volume da composteira de acordo com essa produção, desenvolvemos um projeto que diminuísse a incidência de vetores (baratas, moscas, etc.) e proporcionasse um contato mínimo entre a pessoa que operaria a composteira e o material em processo de compostagem. Finalmente, buscamos a parceria de uma empresa (Fibromar Ltda, de Pinheiral/RJ) que, em troca de uma propaganda na composteira, aceitou fabricar a mesma em fibra de vidro e com tudo o que havíamos projetado. A conclusão final da pesquisa foi que nós, jovens, podemos ampliar e desenvolver idéias, de modo a construir um futuro melhor para todos, desde que haja apoio de familiares, escola, poder público e iniciativa privada.

1. Introdução

O presente trabalho foi desenvolvido com base numa tarefa proposta pelo professor Robson Paulino da Silva - que leciona Geografia, no Colégio Anglo-Americano, para a turma do 2º ano do ensino médio - com o tema Projetos Sustentáveis. A partir da tarefa proposta, um grupo de alunas se reuniu e decidiu desenvolver uma composteira que pudesse ser utilizada em cada residência, fosse do município de Volta Redonda ou em qualquer parte do mundo. A proposta de trabalho acordada entre as participantes da pesquisa foi a de que a composteira precisaria produzir um composto orgânico de boa qualidade, ser de simples operação, evitar a proliferação de insetos (moscas, baratas, larvas, etc.), reduzir maus odores e minimizar o contato manual com o lixo. Pensando assim, foram feitas pesquisas bibliográficas e visitas de campo visando a possibilitar uma noção prática e teórica do funcionamento de uma composteira.

Dessa forma, foi iniciado o projeto de uma composteira que funcionasse associando a digestão aeróbia da matéria orgânica do lixo à digestão anaeróbia dessa mesma matéria orgânica. Tal projeto foi feito após entrevistas com alguns familiares de algumas das integrantes do grupo de pesquisa, que possuem experiências profissionais em informática, engenharia e negócios. A direção da escola viabilizou a pesquisa disponibilizando uma área para os estudos e eventuais materiais que as alunas necessitassem, a fim de que a pesquisa fosse feita da forma idealizada pelo grupo.

Com base no desenho desenvolvido para a composteira, passou-se a tentar identificar, no mercado, uma empresa que pudesse construir o protótipo projetado. Identificada uma fábrica de fibra de vidro situada na região sul-fluminense, o grupo de pesquisa entrou em contato com o representante da empresa e marcou uma reunião. Nesta, representantes do grupo apresentaram o projeto do protótipo e propuseram uma parceria em que a empresa fabricaria o protótipo e, em troca, a equipe de pesquisa providenciaria a propaganda da marca do fabricante na composteira, que seria instalada em local próximo a uma via de grande movimento. A empresa aceitou a proposta e assinou um contrato se comprometendo a executar o projeto. Uma das alunas ficou com a missão de acompanhar a fabricação do equipamento, a fim de esclarecer quaisquer dúvidas que surgissem quanto à interpretação do projeto. Fabricada a composteira, a equipe levou o protótipo para as dependências do colégio, tendo recebido amplo apoio para iniciar então o uso da mesma.

O presente trabalho mostrou-se muito mais do que uma mera pesquisa escolar, mas uma lição prática de que a sustentabilidade só pode ser alcançada quando as diferentes forças da sociedade agem de modo integrado, com ousadia, na busca do bem comum. No caso, a sociedade foi representada pelos familiares das integrantes da equipe, pelo professor da disciplina, pela coordenação e direção da escola, pela iniciativa privada e pela ousadia das alunas pesquisadoras.

2. Revisão Bibliográfica

Segundo dados do IBGE, coleta-se no Brasil, diariamente, 125,281 mil toneladas de resíduos domiciliares, e 52,8% dos municípios brasileiros dispõe seus resíduos em lixões. Em um lixão, o solo não passa por nenhuma preparação anterior à disposição final de resíduos sólidos. Não havendo este sistema de tratamento de efluentes líquidos, o chorume, líquido preto resultante do lixo, contamina o solo e os lençóis freáticos, gerando problemas de poluição das águas dos rios, matando espécies e contaminando a população que depende da água vinda de poços. Entretanto, não há somente o problema da poluição das águas. O contato físico de crianças, homens e mulheres “residentes” nos lixões com o chorume faz com que essas pessoas corram o risco de serem contaminadas, uma vez que estes são a céu aberto, expostos a moscas, ratos e várias espécies de aves transmissoras de doenças. A Lei nº 12.305/2010, sancionada em 2 de agosto de 2010, definiu um prazo de quatro anos para o fechamento dos lixões, conforme descrito abaixo:

“[...] Art. 47. São proibidas as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos:

II - lançamento *in natura* a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração; [...]

[...] Art. 54. A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, observado o disposto no § 1º do art. 9º, deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação desta Lei. [...]”

Com isso, podemos confirmar os dados do IBGE, de 2000, que dizem que 52,8% dos resíduos gerados nos municípios brasileiros são lançados a céu aberto. Entre várias das soluções para a disposição do lixo estão a coleta seletiva, a incineração e a compostagem. Focando na disposição do lixo orgânico, que como vimos tem percentual de 52% do total de resíduos no Estado do Rio de Janeiro, a melhor forma seria por meio de uma composteira. Mas o que vem a ser uma composteira? A compostagem é uma forma de reciclagem na qual a parte orgânica do lixo é transformada, gerando como produto final um composto que pode ser usado na fertilização agrícola do solo e na melhora de sua estrutura física, evitando assim a produção do chorume.

3. Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho proposto inicialmente, foi feita uma pesquisa na região para identificar locais onde fossem utilizadas composteiras para degradação de lixo social orgânico. O método utilizado foi investigativo e baseado na possibilidade de eventual melhoria de um sistema de compostagem de lixo orgânico já existente. Foi então que o grupo encontrou o professor universitário Roberto Guião, biólogo e doutorando em Geotecnia Ambiental pela UFRJ. O professor expôs às pesquisadoras diversas formas de compostagem, em especial uma desenvolvida por ele, implantada no bairro Jardim Veneza, em Volta Redonda, com o objetivo de receber lixo orgânico dos moradores do quarteirão onde o professor reside (figura 1).



Figura 1: Composteira instalada no bairro Jardim Veneza, em Volta Redonda. Foto: Maria Carolina Ferreira

A partir do estudo das dimensões e aspectos operacionais da composteira desenvolvida pelo professor Roberto Guião, foi desenvolvido então um projeto de uma composteira que atendesse ao lixo orgânico gerado por uma determinada residência. A geração diária de lixo orgânico dessa residência, onde moram seis pessoas, foi de 1 quilo (kg), em média. A tal massa seria acrescida igual massa de terra vegetal, visando a minimizar os odores provocados pela geração de gases, oriundos da digestão anaeróbia do lixo. Considerando tal geração, foi calculado o volume da composteira que deveria ser projetada. O cálculo elaborado foi o seguinte:

Tempo arbitrado para compostagem = 90 dias (BORBA e OTERO, 2009) Densidade assumida para o lixo orgânico + terra vegetal = 634 kg/m³ (OTERO e VILHENA, 2000)

$$\text{Volume da composteira} = \frac{2 \text{ kg/dia} \times 90 \text{ dias}}{634 \text{ kg/m}^3} = 0,284 \text{ m}^3 = 284 \text{ L}$$

A partir desse valor, foi desenvolvido o projeto da composteira, apresentado na figura 2.

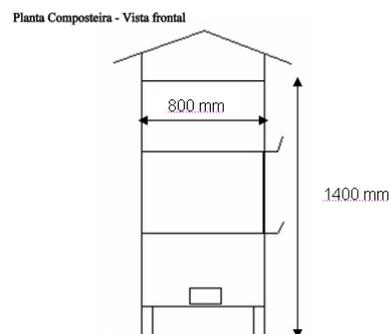


Figura 2: Vista Frontal da composteira projetada

Após a concepção básica do formato da composteira, o grupo de pesquisa, pretendendo testar seu projeto, decidiu desenvolver um protótipo da composteira idealizada. A fim de viabilizar o desenvolvimento do protótipo, buscou-se um parceiro interessado em financiar tal projeto. Inspirado pelo programa de formação de jovens empreendedores do colégio Anglo-Americano, o grupo chegou à empresa Fibromármore Indústria e Comércio Ltda., situada no município de Pinheiral, ao sul do Estado do Rio de Janeiro. Foi traçada então uma estratégia de negócio em que se propôs fazer a propaganda da empresa financiadora do projeto em troca de esta fabricar o protótipo de acordo com o projeto elaborado. Após contato preliminar com o proprietário da Fibromármore, o grupo participou de uma reunião nas dependências da empresa, onde todo o projeto e a proposta foram expostos. O encontro deu origem a um documento, visando a formalizar a proposta, que foi assinado pelo professor orientador e por todas as pesquisadoras participantes. Após quatro dias, o representante da Fibromármore manifestou a concordância da empresa em participar do projeto e passou então a acompanhar a confecção da composteira, que foi executada em fibra de vidro, aproveitando-se um antigo filtro de areia existente e sem uso nas dependências daquela empresa (figura 3).



Figura 3: Filtro de areia desativado no pátio da Fibromármore



Figura 4: Vista frontal do protótipo projetado

Como o filtro de areia desativado possuía o mesmo diâmetro da composteira projetada, mas era bem mais alto que esta, o processo de fabricação teve seu início com o corte do filtro até a altura definida no projeto. Seguiram-se as adaptações necessárias para que o protótipo fosse fiel ao desenho elaborado por Marina Jardim. O resultado final pode ser observado na figura 4.

A composteira projetada, conforme mostrado na figura 5, foi dividida em duas seções de 284 L cada uma, separadas por plataformas basculantes, de modo a possibilitar o manuseio do lixo sem o contato direto do operador da composteira.

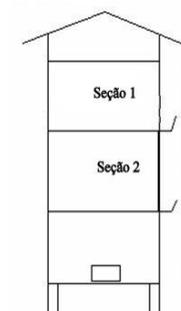


Figura 5: Divisão da composteira em seções

O método proposto consistia em abastecer a primeira seção da composteira com 142 L de lixo orgânico, acrescidos de terra vegetal no mesmo volume, alimentando assim a primeira seção da composteira continuamente até completar 284 L (figura 6).

Ressalta-se que a alimentação ocorreu diariamente, de segunda a sábado, sendo que a carga de alimentação diária era composta por 1 kg de lixo orgânico mais 1 kg de terra vegetal, que ao longo de 90 dias perfizeram o volume equivalente a 284 L na seção 1. No 46º dia, a carga presente na seção 1 foi então basculada por meio da manivela externa (esquema mostrado na figura 2) para a plataforma inferior da seção 2. Ao realizar tal tarefa, o composto em maturação sofreu aeração natural pela queda e aeração forçada, pois foi necessário nivelar toda a massa (figura 7).

O volume da seção 2, compreendido entre a plataforma inferior da seção 1 e a plataforma inferior da seção 2, sem ter recebido ainda o composto em maturação, pode ser observado na figura 8, a seguir.



Figura 6: Seção 1 da composteira no 22º dia de alimentação



Figura 7: Vista interna do composto em maturação na seção 2, no 46º dia

Após 90 dias de ensaios, com a alimentação da composteira e tendo as duas seções completamente cheias, foi basculado o composto maduro que estava presente na seção 2, o qual pôde ser coletado na parte inferior da composteira, onde foi projetado um orifício, com tampa móvel, justamente para este fim (figura 9).



Figura 8: Seção 2 da composteira - vista interna



Figura 9: Indicação do orifício de saída do composto maduro após 90 dias

4. Resultados Obtidos

Após a coleta de todo o composto obtido na seção 2, foi basculado o material que estava na seção 1 para reproduzir as condições de maturação da carga anterior e demonstrar a viabilidade de uma família produtora de 1 kg de lixo orgânico por dia poder utilizar continuamente a composteira projetada, com bons resultados.

Em se tratando de resultados, a fim de avaliar a qualidade do composto obtido, uma amostra foi enviada a um laboratório credenciado pelo Instituto Estadual do Ambiente . O laboratório é denominado Operator, com sede em Cotia (SP). Tais resultados podem ser observados na figura 10.

RESULTADOS ANALÍTICOS

PARÂMETROS ACREDITADOS ISO/IEC ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005							
Parâmetro							
Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	Incerteza (±)	Data	M
Fósforo Total	mg/kg	0,015	0,020	2433,00	0,0023	12/08/2011	47
Potássio	mg/kg	0,033	0,136	4208,00	0,005	12/08/2011	75
Cálcio	mg/kg	0,051	0,151	3725,00	0,0022	12/08/2011	75
Magnésio	mg/kg	0,011	0,021	1193,00	0,0095	12/08/2011	75
pH (solução a 50%)	----	0,05	0,10	6,32	0,13	09/08/2011	30

Parâmetro							
Parâmetros	Unidade	LD	LQ	Resultados	Incerteza (±)	Data	M
Carbono Orgânico Total	mg/kg	0,10	0,50	3849,04	0,05	22/08/2011	71
Nitrogênio Total	mg/kg	0,02	0,08	20,00	0,01	24/08/2011	117

Figura 10: Resultados analíticos de uma amostra do composto maturado (após 90 dias de maturação)

5. Conclusão

Os resultados obtidos mostram - segundo o site <http://www.floriculturacatia.com.br/oquenpk.htm>, acessado em 24 de agosto de 2011, às 16h32 - que o composto obtido favorece a floração e a frutificação, pois a concentração de fósforo total está, na relação C/P (carbono/fósforo), em 1,58. Por apresentar uma relação C/N (carbono/nitrogênio) equivalente a 193, concluímos também que o composto obtido não apresentará bons resultados nos casos em que o objetivo for estimular a parte verde das plantas. A faixa de pH ideal para solos, para a agricultura, varia de 5,5 a 6,5 (SOARES; SILVA e ZAMBALDE, 2004). Isto porque é nessa faixa que os nutrientes ficam mais disponíveis às plantas, ou seja, na solução do solo. Considerando que o pH do composto obtido é de 6,32, concluímos que o mesmo pode ser aplicado diretamente num solo com pH na faixa descrita anteriormente, sem prejudicá-lo.

6. Referências Bibliográficas

Livros:

BORBA, Mônica Pilz; OTERO, Patrícia (coords.). *Consumo Sustentável: coleção consumo sustentável e ação*. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2009.

Lei nº. 12.305/2010, sancionada em 2 de Agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

OTERO D'ALMEIDA, Maria Luiza; VILHENA, André (coords.). *Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado*. 2ª ed. São Paulo: IPT/Cempre, 2000.

SOARES, Alexandre H. V.; SILVA, Carlos A.; ZAMBALDE, André L. *Um sistema especialista para o cálculo da necessidade de calagem e recomendações de corretivo*. UFLA, 2004.

TUPIASSÚ, Assucena. *Da planta ao Jardim: um guia fundamental para jardineiros amadores e profissionais*. São Paulo: Nobel, 2008.

Sites:

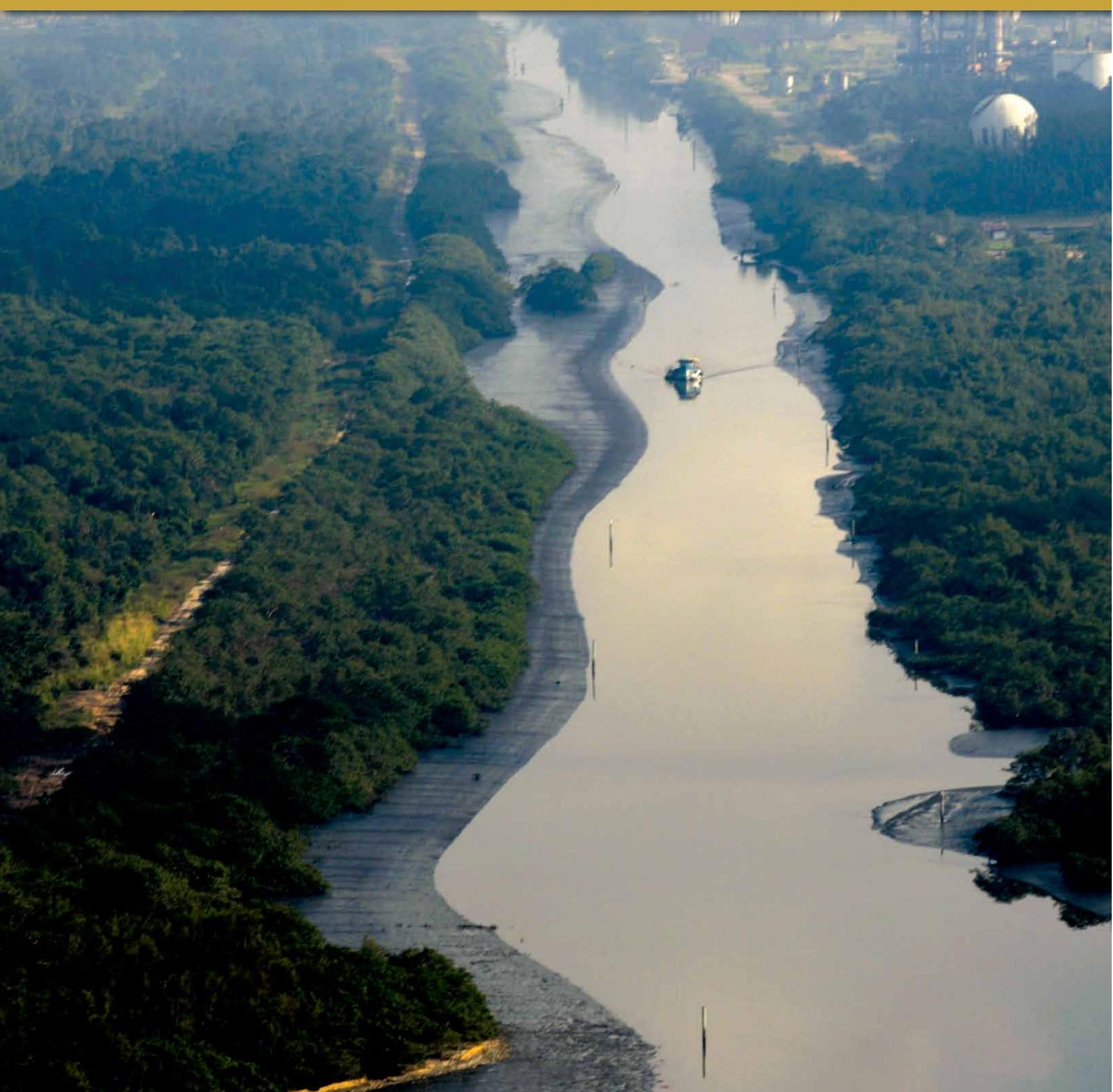
<http://www.jardimdeflores.com.br/JARDINAGEM/A19aduboquimico.htm>, acessado em 24/8/2011, às 14h48.

<http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/culturas/algodao/funcoes.php>, acessado em 24/8/2011, às 15h50.

<http://www.floriculturacatia.com.br/oquenpk.htm>, acessado em 24/8/2011, às 16h32.

<http://3pontinhosdasustentabilidade.blogspot.com/>. Site criado pelas participantes da pesquisa.

CATEGORIA MÉRITO INSTITUCIONAL





ENSINO SUPERIOR

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Belo Horizonte | MG

ENSINO MÉDIO

Colégio Stella Maris

Viamão | RS





ENSINO SUPERIOR

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

A excelência na área de patentes unida à ampliação dos programas de extensão foram fatores determinantes em mais uma conquista da Universidade Federal de Minas Gerais. A instituição conquistou, pela primeira vez, o Mérito Institucional do Ensino Superior na XXV edição do Prêmio Jovem Cientista, por inscrever o maior número de trabalhos de valor científico entre as concorrentes. A universidade tem em curso cerca de 3.500 projetos em praticamente todas as áreas do conhecimento, dos quais participam 2.600 pesquisadores. Além da expressividade em Minas Gerais, o pró-reitor de Pesquisa, Renato de Lima Santos, ressalta o prestígio que o trabalho da UFMG detém perante as comunidades nacional e internacional.

Para Renato, a instituição vive um momento de produção intensa, compatível com a premiação. “Nossa atividade de pesquisa está disseminada nas mais diversas áreas, como Medicina Molecular, Segurança Pública, Vacinas, Minerais e Biofarmácia”. A universidade também faz um grande esforço para que suas patentes saiam do papel: “Investimos em contratos de licenciamento para fazer com que as tecnologias desenvolvidas aqui cheguem ao mercado e possam ser úteis para a população”, explica o pró-reitor de Pesquisa.

Em 2010, o Ministério da Educação classificou 25 dos programas de mestrado e doutorado da UFMG como de padrão internacional, além de ter concedido a nota máxima aos cursos de graduação e pós-graduação. Em outubro do mesmo ano, a instituição ficou entre as dez melhores universidades da América Latina, e foi eleita a terceira melhor no Brasil, de acordo com a Quacquarelli Symonds World University Rankings, empresa especializada em estudos sobre ensino superior.

Na área de patentes, a UFMG mantém posição de destaque. A universidade terminou o último ano com 500 pedidos de registro, dos quais 362 são nacionais e 138, internacionais, com atenção especial para a indústria farmacêutica. Seus projetos de extensão também merecem crédito: em 2010, foram 136 programas e 703 ideias que beneficiaram cerca de 3 milhões de pessoas.

Além dos múltiplos referendos de qualidade, a UFMG se orgulha de seu ensino inclusivo, que se dá por meio de uma política de bônus. Um porcentual extra de pontos na seleção é concedido aos alunos negros e aos oriundos de escolas públicas, mantendo o compromisso com a função social. Paralelamente a essas diretrizes, a universidade se preocupa com o aumento de vagas nos cursos noturnos, destinadas principalmente aos estudantes de menor poder aquisitivo que precisam trabalhar durante o dia. Hoje, a instituição tem cerca de 52 mil alunos e cria por ano mais de 2,1 mil vagas.



ENSINO MÉDIO

Colégio Stella Maris (Viamão, RS)

No dia 2 de março de 1938, o Colégio Stella Maris iniciava suas atividades em um prédio provisório, cedido gratuitamente para atender à demanda educacional de Viamão, antiga capital do Rio Grande do Sul. A modesta escola regida pela Congregação das Irmãs do Imaculado Coração de Maria deu origem a um instituto de destaque, que valoriza a partilha de experiências no aprendizado e investe em projetos nas mais diversas áreas. Por ter inscrito o maior número de trabalhos com mérito científico, o colégio conquistou o Mérito Institucional do Ensino Médio na XXV edição Prêmio Jovem Cientista.

De acordo com a diretora da instituição, irmã Zóile Herrmann, a conquista do prêmio é uma grande honra para educadores e alunos. “A vitória contempla o trabalho que nossos professores vêm desenvolvendo com tanta dedicação.” A coordenadora pedagógica Simone Etcheverry reitera as palavras de Zóile e acrescenta que o intuito principal de qualquer escola deveria ser guiar os alunos em sua busca pelo conhecimento. “Foi a primeira vez que nos inscrevemos no Prêmio Jovem Cientista e ficamos muito surpresos com a vitória. É uma alegria imensa e um incentivo extra a continuar em nossa missão”, conta Simone.

Em seu projeto pedagógico fundamentado na educação evangélico libertadora, os professores do Stella Maris se comprometem com o desenvolvimento das potencialidades do aluno e com a integração entre família e sociedade. Por isso, o instituto conta com diversas atividades, como a reciclagem de papel, óleo e sucatas, o incentivo ao voluntariado, os jogos intermunicipais, a Feira Municipal de Ciências e o Projeto de Cultivo de Hortaliças e Chás. O apoio à cultura vem na forma da Mostra Artística, Feira do Livro, Mostra Cultural, Jornada Infantil, Gincana Cultural e outros programas que trazem autores e artistas para interagir com a comunidade escolar.

“Um de nossos projetos de maior destaque é a Mostra Científica. Ela acontece de dois em dois anos e envolve todos os 180 alunos do ensino médio na pesquisa de novas tecnologias. Os trabalhos são bem abrangentes e englobam as áreas de Robótica e Saúde, por exemplo. Temos também o Cidadão Consciente, em que nossos estudantes conhecem o funcionamento do Poder Legislativo, visitam e conversam com os vereadores e depois escrevem seu próprio projeto de lei”, explica a coordenadora pedagógica.

O colégio ainda conta com uma biblioteca informatizada com mais de dez mil exemplares à disposição dos alunos e professores, além de laboratórios de informática, biologia, química e física. A estrutura exemplar da escola e o corpo docente qualificado estão associados em prol da experimentação de descobertas e do desenvolvimento dos estudantes.

CATEGORIA MENÇÃO HONROSA



DR. LÁZARO VALENTIN ZUQUETTE

Universidade de São Paulo (USP)

São Paulo | SP



MENÇÃO HONROSA

Dr. Lázaro Valentin Zuquette
Universidade de São Paulo

Com uma carreira de mais de 30 anos, o professor Lázaro Zuquette é hoje referência em Geociências, atuando em pesquisas sobre temas de relevância mundial, como mapeamento geotécnico, geologia de engenharia, geotecnia ambiental, riscos geológicos e geotécnicos e poluição de águas e solos. Na Escola de Engenharia de São Carlos, uma das unidades da Universidade de São Paulo (USP), onde chefia o Departamento de Geotecnia, ele formou uma geração de especialistas na área, tendo orientado mais de 60 dissertações de mestrado e doutorado. Ao dedicar a Menção Honrosa deste ano ao Doutor Zuquette, o Prêmio Jovem Cientista reconhece a importância de sua produção científica para a área de conhecimento relacionada ao tema “Cidades Sustentáveis”, que norteou esta XXV edição do projeto.

De acordo com o professor, o tema “Cidades Sustentáveis” está sendo abordado em um momento bastante oportuno. “A sustentabilidade das cidades deve estar sempre em debate, pois depende da manutenção de um equilíbrio entre o meio natural e o tecnológico. As limitações do natural sempre geram um desequilíbrio e tornam as cidades áreas com problemas, em muitos casos irrecuperáveis ou que demandam orçamentos de grande monta para seu controle, remediação ou reabilitação”, diz o professor.

Diretor da “Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental”, Zuquette está atualmente focado em dois estudos: o da previsão dos acidentes naturais e o da recarga de aquíferos e armazenamento da água. “O Prêmio Jovem Cientista, por meio desta Menção Honrosa, premia não só a mim, mas também minha área. Muita gente não se preocupa em estudar a terra, o solo e a água - apesar desse estudo ser até mais importante que muitos outros - porque não há retorno dessa parte. Mas esse prêmio, como um reconhecimento da comunidade científica, é mais uma motivação para continuarmos trabalhando”, afirma Zuquette.

Aos jovens pesquisadores contemplados com o Prêmio Jovem Cientista deste ano, o professor dá um conselho. “Há dois pontos de extrema importância para quem quer ser um pesquisador bem-sucedido: trabalhar muito e não desistir nunca”.

PARCEIROS



CNPq

Com 60 anos de existência, o CNPq tem exercido um papel central no processo de formação e qualificação de recursos humanos, no país e no exterior, e no fomento à ciência, à tecnologia e à inovação, atuando na formulação de políticas e contribuindo, de forma significativa, para o avanço das fronteiras do conhecimento, do desenvolvimento sustentável e da soberania nacional.

A concessão de prêmios é uma ação tradicional do CNPq desde a década de 70. O Prêmio Jovem Cientista, criado em 1981, tem sido estratégico uma vez que, ao impulsionar a formação de estudantes, jovens pesquisadores e profissionais empenhados na busca de soluções para os crescentes desafios da sociedade brasileira, agrega valor a uma perspectiva ampliada da interação ciência-tecnologia-sociedade, a partir de uma atuação científica que tem na apropriação social do conhecimento um princípio vital.

O Prêmio Jovem Cientista é considerado um grande incentivador para a maioria dos ganhadores, considerando que os mesmos recebem bolsas de estudo do CNPq, nas diferentes modalidades (iniciação científica júnior, iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado júnior), para sua formação acadêmica e como incentivo ao aprofundamento e continuidade de suas pesquisas.

Nossos jovens e talentosos cientistas são peças fundamentais nesse jogo, tão cheio de desafios e incertezas!



SHIS Quadra 01 Conjunto B - Blobo B, 1º andar
Edifício Santos Dumont | Lago Sul | 71605-001 | Brasília | DF
Tel.: (61) 3211-9000 | www.cnpq.br

GERDAU

A Gerdau é líder na produção de aços longos nas Américas e uma das maiores fornecedoras de aços longos especiais no mundo. Possui 45 mil colaboradores e operações industriais em 14 países, com operações nas Américas, na Europa e na Ásia, as quais somam uma capacidade instalada superior a 25 milhões de toneladas de aço. É a maior recicladora da América Latina e, no mundo, transforma, anualmente, milhões de toneladas de sucata em aço. Com cerca de 140 mil acionistas, a Gerdau está listada nas bolsas de valores de São Paulo, Nova Iorque e Madri.

A empresa tem construído, ao longo de sua trajetória, uma atuação sustentável, promovendo o desenvolvimento social, respeitando o meio ambiente e investindo em relações sólidas e duradouras com clientes, fornecedores, colaboradores, governos, outras empresas e entidades do terceiro setor. Tudo isso com o objetivo de ganhos mútuos, que possibilitem crescimento contínuo.

Como parte fundamental das contribuições para esse desenvolvimento das comunidades, a empresa incentiva o Prêmio Jovem Cientista, uma parceria consolidada, na qual a Gerdau aposta com a convicção de que o caminho do desenvolvimento e da competitividade passa pela inovação e o fomento à pesquisa científica, especialmente dentro da sala de aula. Os jovens premiados no tema Cidades Sustentáveis e nas edições anteriores orgulham o Brasil pela seriedade e alta qualidade dos trabalhos. Todos os participantes, do ensino médio e do ensino superior, demonstram disciplina e dedicação à Ciência. É preciso apoiá-los se quisermos ter um Brasil verdadeiramente competitivo, capaz de gerar soluções eficazes e que resultem em um desenvolvimento sustentável.



Av. Farrapos, 1.811
90220-005 | Porto Alegre | RS
Tel.: (51) 3323-2000 | www.gerdau.com.br

GE

A GE é uma companhia de tecnologias avançadas, serviços e finanças que busca solucionar os desafios mais complexos do mundo. Dedicada a inovações em energia, saúde, transporte e infraestrutura, a GE opera em mais de cem países e emprega cerca de 300 mil funcionários globalmente.

No Brasil, a Companhia mantém atividades há mais de 90 anos, com escritórios de vendas e marketing distribuídos em diversos Estados e com unidades industriais em São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Todos os cinco grandes negócios da GE estão presentes no Brasil, empregando cerca de 8 mil funcionários.

A GE também está trazendo para o Brasil o seu quinto Centro de Pesquisas Global, que será instalado no Rio de Janeiro e vai ajudar a desenvolver soluções de alta tecnologia, baseadas nas necessidades locais de infraestrutura. A escolha do Brasil reflete a convicção sobre a capacidade criativa e inovadora dos brasileiros.

Por acreditar na importância do desenvolvimento científico, a GE patrocina e apoia o Prêmio Jovem Cientista, responsável por estimular a pesquisa e a descoberta de soluções inovadoras no Brasil. Para a GE, apostar na criatividade é essencial para o desenvolvimento da pesquisa e da ciência. Faz parte do DNA da companhia apoiar ações capazes de solucionar, de forma sustentável, não apenas os problemas das grandes cidades - que foi o tema da edição 2011 do Prêmio -, mas também questões que exijam invenções e ideias capazes de levar entusiasmo, motivação e qualidade de vida às atuais e futuras gerações.



Av. das Nações Unidas, 8.501, 4º andar
05425-070 | São Paulo | SP
Tel.: 11 3067-8000 | www.ge.com.br

FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO

Nos seus mais de 30 anos, a Fundação Roberto Marinho vem atuando nas áreas ambiental, educacional e cultural, criando modelos e metodologias que são replicados por meio de parcerias com agentes públicos e privados. São experiências como o Telecurso, que já formou milhares de brasileiros na educação básica, ou o Canal Futura, um projeto social de comunicação 24 horas no ar, com a cara multicultural do Brasil.

A fundação já fez campanhas de preservação do patrimônio, restaurou prédios, monumentos e documentos e propôs soluções para a sustentabilidade de cada um. Ao perceber que patrimônio é tudo aquilo que dá identidade a um povo, criou o Museu da Língua Portuguesa, o primeiro do mundo dedicado a uma língua. Também concebeu o Museu do Futebol, que conta a história do País pelo viés sociológico do futebol.

Três novos museus serão inaugurados até 2014 e sintetizarão toda a trajetória da instituição: o Museu da Imagem e do Som, o Museu do Amanhã e o Museu da Arte do Rio vão aliar educação, sustentabilidade, preocupação com o meio ambiente, tecnologia, meios de comunicação e cultura.

Num país que abriga 60% da Floresta Amazônica, seis biomas e 12% de toda a água doce do mundo, a fundação mantém no ar há mais de 20 anos o Globo Ecologia, primeiro programa de televisão totalmente voltado à área ambiental.

A Fundação também produz, desde 1984, o Globo Ciência, primeiro programa semanal de divulgação científica do Brasil, que objetiva desmitificar a Ciência. E se orgulha de ser, há 30 anos, parceira do Prêmio Jovem Cientista - iniciativa que, além de estimular jovens talentos a experimentar, nos laboratórios, as fórmulas para um mundo melhor, ajuda, sobretudo, a construir um Brasil mais sustentável e desenvolvido.



Rua Santa Alexandrina, 336 | Rio Comprido
20261-232 | Rio de Janeiro | RJ
Tel.: (21) 3232-8800 | www.frm.org.br

www.jovemcientista.cnpq.br

