Estudos Científicos com Enfoque no Desenvolvimento Sustentável

Volume II

Organizadores:
Fladimir Fernandes dos Santos
Nirlene Fernandes Cechin
Marco Aurélio Batista de Sousa

EDITORA FAITH

Organizadores:
Fladimir Fernandes dos Santos
Nirlene Fernandes Cechin
Marco Aurélio Batista de Sousa

Estudos Científicos com Enfoque no Desenvolvimento Sustentável - volume II

1a. Edição

BAGÉ
EDITORA FAITH
2019

Título: Estudos Científicos com Enfoque no Desenvolvimento Sustentável - volume II
Organizadores: Fladimir Fernandes dos Santos, Nirlene Fernandes Cechin, Marco Aurélio Batista de Sousa
Edição final de Capa: Editora Faith,
Imagem da capa: Fladimir Fernandes dos Santos
Diagramação: Editora Faith
Copyright: ©2019 todos os direitos reservado aos organizadores e autores, sob encomenda à Editora Faith.
ISBN: 978-85-68221-43-3

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E82 Estudos científicos com enfoque no desenvolvimento sustentável / Fladimir Fernandes dos Santos, Nirlene Fernandes Cechin, Marco Aurélio Batista de Souza; (organizadores) .-- Bagé,RS:Faith, 2019.
143p.;v.2

ISBN: 978-85-68221-43-3

1. Meio ambiente 2.Sustentabilidade
3.Estudos científicos 4.Proteção ambiental
I.Fladimir, Fernandes dos Santos
II.Cechin, Nirlene Fernandes
III.Souza, Marco Aurélio Batista de
V.Título

CDU504.06

Ficha catalográfica elaborada por Dayse Pestana – CRB10/1100

Direção Geral
Caroline Powarczuk Haubert
Revisão
Editora Faith

Corpo Editorial

Prof. Dr. Alfredo Alejandro Gugliano - UFRGS
Prof. Dr. Dejalma Cremonese - UFRGS
Profa. Dra. Elisângela Maia Pessôa - UNIPAMPA
Prof. Dr. Fernando da Silva Camargo - UFPEL
Prof. Dr. Gabriel Sausen Feil - UNIPAMPA
Profa. Dra. Patrícia Krieger Grossi - PUC-RS
Prof. Dr. Ronaldo B. Colvero - UNIPAMPA
Profa. Dra. Simone Barros Oliveira - UNIPAMPA
Profa. Dra. Sheila Kocourek - UFSM
Prof. Dr. Edson Paniagua - UNIPAMPA
Profa. Dra. Maria de Fátima Bento Ribeiro – UFPEL
Profa. Dra. Danusa de Lara Bonoto – UFFS
Profa. Dra. Érica do Espírito Santo Hermel – UFFS
Prof. Dr. João Carlos Krause – URI
Prof. Dr. Márcio Marques Martins -UNIPAMPA
Prof. Dr. Marcos BArros - UFPE
Profa. Dra. Paula Vanessa Bervian – UFFS
Profa. Dra. Sandra Nonenmacher – IFFAR

Sumário

Capítulo 1 - Estudo do Comportamento Mecânico e de Durabilidade de Concretos Convencionais Confeccionados com Politereftalato de Etileno (PET) (Aldo Leonel Temp, Alexander Ian Ferreira Dutra, Diovana Patias Della Flora, Natália Braga de Moura, Simone Dornelles Venquiaruto) 8

Capítulo 2 - Análise da Contribuição de Pavimento Intertravado de Concreto Permeável na Redução do Escoamento Superficial em Centros Urbanos (Angelo Magno dos Santos e Silva, Adriana Gindri Salbego).....26

Capítulo 3 - ENERGIA SUSTENTÁVEL: Estudo Comparativo entre Lodos de Estações de Tratamento de Água Gerados com Coagulantes Distintos Frente a sua Capacidade na Produção de Energia (Beatriz Stoll Moraes, Ivo André Hömrich Schneider, Cristine Machado Schwanke, Juliana Young)....41

Capítulo 4 - Avaliação de Propriedades Específicas da Envoltória Construtiva para Redução do Fluxo de Calor: implicações para melhorias nos projetos de edificações (Caio Filipe de Lima Munguba, Cristiane Marques de Lima Teixeira, Herenice Moreira Serrano de Andrade, Beatriz Stoll Moraes)....60

Capítulo 5 - Adoção de Práticas Sustentáveis no Setor da Construção Civil: um estudo de caso em uma instituição financeira em Dourados/MS (Thais Jui Iwassa, Jane Corrêa Alves Mendonça, Eduardo Luis Casarotto, Vera Luci de Almeida) 84

Capítulo 6 - Práticas de Sustentabilidade Adotadas na Europa por Três Empresas Construtoras de Edificações (Fladimir Fernandes dos Santos, Djeisse Franciele Peiter Sehen, Nirlene Fernandes Cechin, Marco Aurélio Batista de Sousa).....100

Capítulo 7 - A Internalização do Custo Ambiental em Atividades de Construção e Ampliação da Infraestrutura Rodoviária: desafios de uma gestão sustentável (Vera Sirlene Leonardo, Katia Abbas, Driele Guzeloto Viana de Oliveira) 122

APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento sustentável consiste em atender as necessidades atuais da sociedade sem que a capacidade de atender as necessidades futuras sejam comprometidas. No entanto, é possível afirmar que o desenvolvimento sustentável ocorre quando há a integração entre a proteção do meio ambiente, o crescimento econômico, a justiça social, a qualidade de vida e a utilização racional dos recursos naturais

Neste sentido, fica evidente que a sustentabilidade é uma crescente preocupação, devido aos recursos naturais estarem frequentemente ameaçados pela inadequada interferência humana sobre o ambiente.

O conhecimento sobre os indicadores e os índices de desenvolvimento sustentável é um aspecto de grande relevância nos estudos científicos realizados nas Universidades do Brasil. No entanto, é importante enfatizar que a comunidade científica cumpre um importante papel na sociedade, por proporcionar relevantes conhecimentos sobre o desenvolvimento sustentável, além de conscientizar sobre os impactos causados no ambiente pelas atividades humanas. Assim, é possivel enfatizar que a comunidade científica está consciente que apenas os estudos científicos relacionados aos aspectos do meio ambiente não representam a totalidade dos esforços necessários para produzir desenvolvimento sustentável pois, além disso, é imprescindível a utilização de práticas sustentáveis.

Mediante o exposto, o capítulo 1 deste livro apresenta um estudo referente à viabilidade de utilização do politereftalato de etileno (PET), em substituição parcial ao agregado miúdo na produção de concretos convencionais.

O capítulo 2 expõe os dados obtidos a partir de ensaios realizados com o objetivo de conhecer a eficiência de drenagem de um pavimento intertravado de concreto permeável para utilização no município de Alegrete – RS.

O trabalho descrito no capítulo 3 teve por objetivo principal verifi-

car a possibilidade da utilização dos lodos de Estação de Tratamento de Água (ETA), como fonte alternativa de energia, comparando os lodos gerados com os coagulantes primários Polialumínio Cloreto (PAC) e o Tanino (T) extraído de casca de *Acacia mearsii Wild*.

No capítulo 4 foi abordada a importância de saber a relação entre a tecnologia empregada na envoltória construtiva, suas implicações no consumo de energia e o conceito de sustentabilidade ambiental aplicada a construção.

No capítulo 5, o presente trabalho teve como objetivo analisar o nível de percepção em relação ao desempenho das atividades sustentáveis em uma construção localizada na cidade de Dourados, Mato Grosso do Sul, de forma a identificar as dificuldades no processo de implementação de atividades sustentáveis em edificações, além de verificar quais atividades sustentáveis foram implantadas na construção estudada.

O estudo apresentado no capítulo 6 trata da adoção de práticas sustentáveis nas obras de três empresas européias, construtoras de edificações, com a finalidade de aperfeiçoar o ambiente construído e de minimizar os impactos causados pela construção civil.

No estudo do capítulo 7 foi dado destaque ao desafio da construção de estradas rodoviárias com ações voltadas para sustentabilidade, cujo objetivo da pesquisa consistiu em delinear o comportamento da empresa no que se refere à internalização dos custos ambientais a partir da identificação das atividades de prevenção, controle, reciclagem e recuperação.

Os organizadores prestam agradecimentos aos autores dos 7 capítulos publicados no livro, desejando-lhes sucesso sempre.

Fladimir Fernandes dos Santos
Nirlene Fernandes Cechin
Marco Aurélio Batista de Sousa
Organizadores

Capítulo 1 - Estudo do Comportamento Mecânico e de Durabilidade de Concretos Convencionais Confeccionados com Politereftalato de Etileno (PET)

Aldo Leonel Temp[1]
Alexander Ian Ferreira Dutra[2]
Diovana Patias Della Flora[3]
Natália Braga de Moura[4]
Simone Dornelles Venquiaruto[5]

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo estudar a viabilidade de utilização politereftalato de etileno (PET) em substituição parcial ao agregado miúdo na produção de concretos convencionais. A partir de um traço conhecido, realizou-se a substituição em volume do agregado miúdo natural por areia de PET nos teores de 0, 10, 15, 20, 50 e 100%. As idades de controle para os ensaios das propriedades mecânicas (resistência à compressão axial) foram estabelecidas aos 7, 14, 28 e 91 dias. Para os ensaios de durabilidade (absorção de água por capilaridade), os concretos foram investigados após completarem 28 dias. Os resultados mostraram que existe uma tendência de redução da resistência à com-

[1] Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Professor do curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Campus Alegrete. E-mail: aldotemp@unipampa.edu.br
[2] Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Campus Alegrete. E-mail: aleiandutra@gmail.com
[3] Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Campus Alegrete. E-mail: diodellaflora@gmail.com
[4] Engenheira Civil. E-mail: nataliabdm25@gmail.com
[5] Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Professora do curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Campus Alegrete. E-mail: simonevenquiaruto@unipampa.edu.br

pressão axial com o aumento do teor de PET nas misturas, principalmente para aqueles com teores de substituição superiores a 20%. Os ensaios de absorção de água por capilaridade mostraram uma tendência de crescimento da absorção com o passar do tempo e com a variação do teor de substituição de PET. Já para absorção final verificou-se que as substituições até os teores de 20% não apresentaram perda significativa de desempenho mecânico em relação ao concreto referência, indicando viabilidade de uso.

Palavras-chave: Aproveitamento de resíduos, areia de PET, resistência à compressão axial, durabilidade de concretos.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil busca ao longo dos anos aprimorar suas técnicas construtivas juntamente com o avanço tecnológico. Este mesmo segmento é influente gerador de resíduos, uma vez que sua produção é baseada na utilização de elementos provenientes de fontes naturais não renováveis. John (2003), apud Peixoto et al. (2009) afirma que cerca de 15 a 50% do montante de todo o recurso natural consumido pela sociedade é utilizado na construção civil.

Segundo Peixoto et al. (2009), o consumo de agregados naturais no Brasil varia entre 1 e 8 toneladas/per capta x ano e o uso desse insumo para a produção de concreto atinge cerca de 220 toneladas por ano. A extração de recursos naturais não renováveis, realizada através da mineração é vista, de acordo com o MMA (Ministério do Meio Ambiente, 2011), como não ambiental e com alto nível de impacto. A areia natural é obtida através da mineração e utilizada na construção civil como agregado miúdo, de acordo com Nogueira (2016) a atividade de extração de areia é uma das que mais contribuem para a modificação da superfície da terra e causa um impacto negativo sobre a água, o solo e o subsolo.

Como forma de zelar pela preservação das fontes de recursos naturais, de acordo com Milhorance (2015), a Organização das Nações Unidas (ONU) recomendou que o consumo de areia seja reduzido, e apri-

morado o uso da reciclagem de materiais criando alternativas que reduzam os impactos ambientais locais. Atualmente vem sendo estudada a utilização de materiais reciclados na construção civil visto que a reciclagem é fundamental para que se possa construir um país mais sustentável e com menos poluição. Sendo assim, com o objetivo de reduzir o emprego de materiais provenientes de fontes naturais não renováveis minimizar a degradação ambiental e evitar a deposição irregular de resíduos de PET, a substituição de areia de PET pelo agregado miúdo natural firma-se como uma alternativa para aplicar este material, retirando de rios e aterros a fim de prolongar a vida útil deste material.

O PET (politereftalato de etileno) é um polímero termoplástico, oferece alta resistência mecânica (impacto) e química, suportando o contato com agentes agressivos (ABIPET, 2012a). No Brasil, o mercado de PET é relativamente recente, em torno de 20 anos (ABIPET, 2012b). De acordo com Faria e Forlin (2002), a reciclagem de embalagens plásticas no Brasil, como em outros países desenvolvidos, apresenta reflexos socioeconômico ligados a melhoria da qualidade de vida da população, geração de renda, economia de recursos naturais e redução de problemas ambientais.

Atualmente vários estudos (MODRO et al., 2009; JARDIM, 2017; VAZ, 2017; MOURA, 2017, entre outros) visam à utilização de agregados reciclados na produção de concretos e argamassas. Há também pesquisas que propõem a adição de resíduos de construção civil em concretos, como borracha moída (SCHIMELFENIG et al., 2017; MACHADO et al., 2017; FERREIRA et al., 2017; SANTOS et al., 2017; FRANÇA, 2004, etc.) entre outros materiais (PEDRONI et al., 2017), visando melhorar suas propriedades.

A técnica de substituição dos agregados convencionais por agregados reciclados apresenta diversos benefícios como economia na obtenção de matéria-prima, redução da poluição gerada pela fabricação de agregados e avanço na preservação das reservas naturais de matéria-prima do planeta (PEREIRA; MEDEIROS; LEVY, 2012). Segundo Carmo (2012), para que se promova uma expansão do uso de agregados reciclados é necessário que o concreto com substituição apresente desempenho

equivalente ou superior ao concreto de referência. Desse modo, com o intuito de implementar a política de reutilização de resíduos na construção civil, esta pesquisa visou estudar a viabilidade de utilização do PET na produção de concretos convencionais.

Este trabalho propôs a utilização dos resíduos de PET pós-consumo, como substituto do agregado miúdo natural na produção de concretos convencionais com teores de substituição em volume: 0, 10, 15, 20, 50 e 100%. Avaliaram-se a propriedade mecânica de resistência à compressão axial (ABNT NBR 5739/2018) e a propriedade de durabilidade através da absorção de água por capilaridade (ABNT NBR 9779/2012).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a produção dos concretos utilizou-se um traço 1:5, com consumo de cimento de 377 kg/m3, relação água/cimento (a/c) de 0,52 e teor de argamassa de 51%, obtido a partir do método de dosagem de IPT/EPUSP (HELENE; TERZIAN, 1992). A escolha do traço se justifica pelo fato da relação água/cimento (a/c=0,52) corresponder a um ponto intermediário, em que o concreto produzido apresenta resistência de concretos estruturais convencionais. Após a produção dos concretos com teores de 10, 15, 20, 50 e 100%, o estudo consistiu em avaliar a influência das diferentes substituições comparando o desempenho desses concretos com o concreto referência de teor 0% (contendo 100% de areia natural).

A trabalhabilidade dos concretos foi verificada pelo ensaio de abatimento do tronco de cone (Slump Test), seguindo as prescrições da NM 67 (1998). O procedimento de moldagem e cura foi executado conforme ABNT NBR 5738/2016. Os corpos de prova cilíndricos foram desmoldados após 24 horas, e submetidos à cura úmida, com temperatura de (23 ± 2ºC) e umidade relativa do ar superior a 95%, onde foram mantidos até a realização dos ensaios, conforme especificações da ABNT NBR 5738/2016.

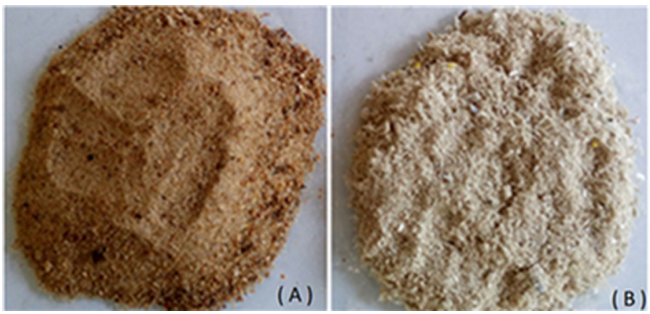
2.1. Materiais

Nos itens 2.1.1 a 2.1.4 são apresentados e caracterizados os materiais utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa, de acordo com as prescrições da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2.1.1. Agregados

Para a produção dos concretos convencionais foram utilizados brita de origem basáltica, de jazida da região (Alegrete, RS), areia natural extraída do rio Ibicuí (Manoel Viana, RS) e como agregado miúdo reciclado, areia de PET adquirida da empresa Petceu Indústria e Comércio de Reciclagem Plástica Ltda., localizada na cidade de Céu Azul/PR. A Figura 1 apresenta os agregados miúdos utilizados no trabalho, sendo no lado (A) a areia natural e no lado (B) a areia de PET.

Figura 1 – Agregados miúdos utilizados



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

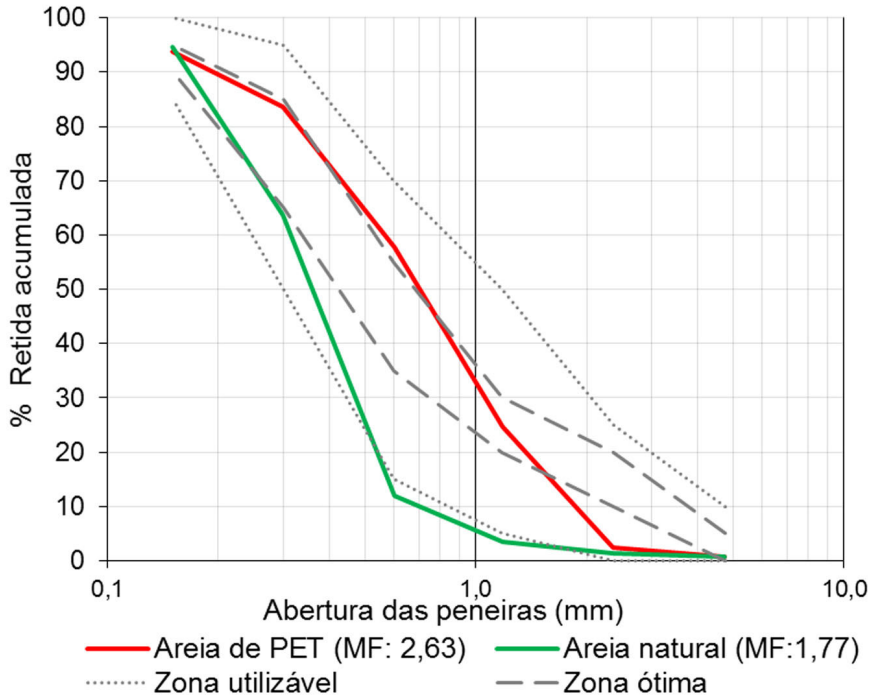
A Tabela 1 apresenta as caracterizações e suas respectivas normativas realizadas para especificação dos agregados utilizados na pesquisa e a Figura 2 mostra a distribuição granulométrica das areias (ABNT NBR NM 248/2003) utilizadas na produção dos concretos.

Tabela 1 – Caracterizações dos agregados

Material	Ensaio	Resultados	Normativa
Areia Natural	Massa específica	2,65 g/cm³	NBR NM 52 (ABNT, 2009)
	Massa unitária	1,63 g/cm³	NBR NM 45 (ABNT, 2006)
Areia de PET	Massa específica	1,34 g/cm³	NBR NM 52 (ABNT, 2009)
	Massa unitária	0,33 g/cm³	NBR NM 45 (ABNT, 2006)
Brita	Massa específica	2,83 g/cm³	NBR NM 53 (ABNT, 2009)
	Massa unitária	1,46 g/cm³	NBR NM 45 (ABNT, 2006)

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Figura 2 – Curva Granulométrica dos Agregados Miúdos



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

A curva granulométrica da areia de PET (Figura 2) está situada praticamente por completo na zona ótima recomendada pela ABNT NBR 7211/2009. O agregado apresentou dimensão máxima característica de 2,36 mm e de acordo com o módulo de finura obtido se enquadrou como areia média, segundo Bauer (2008). Observa-se através da

Figura 2 um pequeno trecho onde a linha granulométrica da areia natural ultrapassa a zona limite inferior, no entanto, este fato não descarta o uso do material. De acordo com Bauer (2008), o módulo de finura da areia natural enquadra a mesma como areia fina. O agregado graúdo utilizado se enquadrou nas especificações normativa da ABNT NBR 7211/2009, sendo classificado segundo Bauer (2008) como brita 1 (MF=7,12).

2.1.2 Aglomerante

Como material aglomerante foi empregado o cimento Portland CP IV 32, fabricado de acordo com as recomendações da ABNT NBR 16697/2018. Os resultados dos ensaios de caracterização física, química e mecânica desse produto foram fornecidos pelo fabricante e são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Exigências físicas, químicas e mecânicas do cimento Portland CPIV 32

Exigências Físicas e Mecânicas							
Finura			Tempo de Pega (min.)		Resistência à compressão (MPa)		
Blaine (cm³/g)	#200(%)	#325(%)	Início	Fim	3 dias	7 dias	28 dias
4690	0,1	-	350	440	19,30	23,20	38,20
Exigências Químicas							
MgO (%)	SO3 Média (%)		Perda ao Fogo (%)		Resíduo Insolúvel (%)		
4,4	1,7		2		29,3		

Fonte: Dados do Fabricante (2017)

2.1.3 Água e Aditivo Químico

Foi utilizado água da rede pública sem agentes agressivos ou contaminações. O aditivo químico, tipo plastificante, foi inserido nos concretos com teores de PET de 50 e 100% com o objetivo de manter um abatimento de 8±2 cm e garantir adequada trabalhabilidade para a moldagem dos concretos.

2.2 Métodos de Ensaios

Os concretos produzidos foram ensaiados quanto à propriedade mecânica de resistência à compressão axial (ABNT NBR 5739/2018) e de durabilidade, através do ensaio de absorção de água por capilaridade (ABNT NBR 9779/2012). A durabilidade é uma propriedade que resulta da interação entre material e ambiente em que o mesmo se encontra. A água normalmente está presente em todo tipo de deterioração, e a facilidade com que penetra nos sólidos porosos determina a taxa de deterioração (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Segundo Sato (1998) a taxa de transporte de agentes agressivos por meio da absorção e permeabilidade é governada pela taxa de penetração de água, pois somente através da umidade é que os agentes são transportados para o interior do concreto.

Em concretos, o ensaio de resistência à compressão axial tem por finalidade verificar o controle de qualidade do produto e o atendimento das especificações técnicas, sendo um dos ensaios mais realizados. O ensaio foi executado em uma prensa modelo INSTRON com capacidade de carga de 1500 kN e velocidade de carregamento de 1 mm/min, sendo as idades de controle estabelecidas em 7, 14, 28 e 91 dias

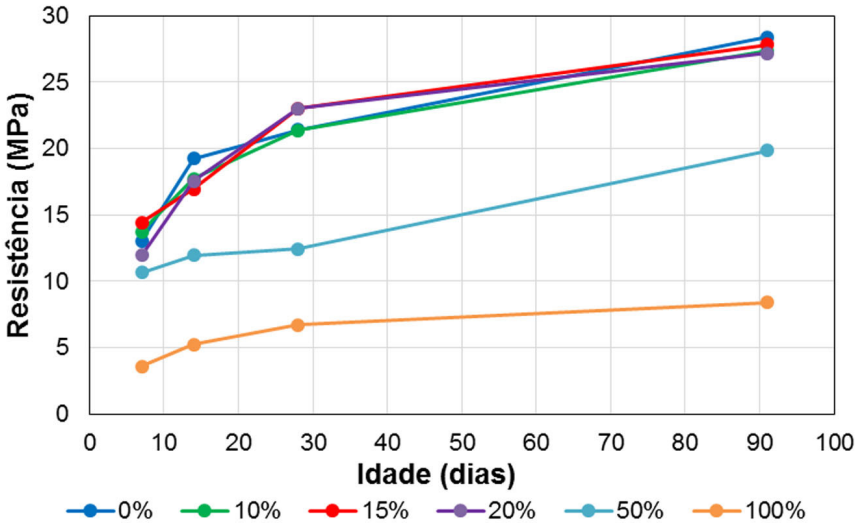
O ensaio de absorção de água por capilaridade foi executado na idade de 28 dias em três corpos de prova cilíndricos (ϕ10x20cm) por traço. A massa saturada (m_{sat}) foi determinada nos intervalos de 3h, 6h, 24h, 48h e 72h após o início do ensaio, e a absorção de água por capilaridade foi estimada segundo orientações da ABNT NBR 9779/2012.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente serão apresentados e discutidos os resultados e as análises estatísticas referentes à propriedade mecânica - "resistência à compressão axial". Posteriormente, os resultados e as discussões referentes aos ensaios de absorção de água por capilaridade.

A Figura 3 mostra a relação da resistência à compressão axial em função do tempo. Os dados correspondem aos valores médios de três amostras de concretos.

Figura 3 – Gráfico da resistência à compressão axial dos concretos



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Todas as misturas apresentaram aumento da resistência à compressão axial com passar do tempo devido a hidratação do cimento. Os concretos com teores de areia de PET de até 20% exibiram valores de resistência à compressão axial próximos aos do concreto referência (0% de PET) para as idades de controle consideradas. Os concretos com teores de substituição superiores a 20% mostraram perda de desempenho mecânico em relação à mistura padrão (referência), indicando que o teor ótimo de substituição tende a ficar limitado a 20% de substituição.

O desempenho mecânico das misturas aos 28 dias mostra um acréscimo de resistência à compressão axial (da ordem de 7,5%) dos concretos com teores de 15 e 20% de areia de PET em relação ao concreto de referência. Para os concretos com teores de 50% e 100% de areia de PET, houve uma perda do desempenho mecânico em relação à mistura padrão da ordem de 42% e 69%, respectivamente.

Os resultados de resistência à compressão axial também passaram por uma análise de variância (ANOVA) com a finalidade de avaliar a real influência da incorporação do PET na (ANOVA) dos resultados, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise de variância (ANOVA) da resistência à compressão axial.

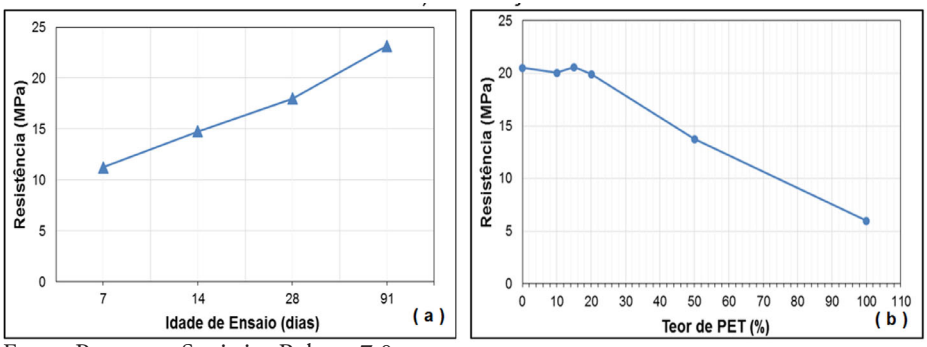
ANOVA	SQ	GL	MQ	Teste F	Significância (p)	
Intercepto	13543,40	1	13543,40	8360,75	0,000	
Teor de PET	1396,89	5	279,38	172,47	0,000	Sim
Idade de Ensaio	924,39	3	308,13	190,22	0,000	Sim
Erro	38,88	24	1,62	5,26	0,0002	

Fonte: Programa Statistica Release 7.0

A análise de variância (Tabela 3) mostra que as variáveis independentes "Teor de PET" e "Idade de Ensaio" foram classificadas como significativas ($p<0,05$), ou seja, influenciaram na variável de resposta "resistência à compressão axial".

A Figura 4, obtida a partir da ANOVA, apresentam o comportamento da resistência à compressão axial dos concretos estudados em função da variação da idade de controle e da variação do teor de PET, respectivamente.

Figura 4 – Gráfico da resistência à compressão axial dos concretos: a) em função da idade do concreto e b) em função do teor de PET



Fonte: Programa Statistica Release 7.0

A Figura 4-a mostra uma tendência de crescimento da resistência à compressão axial com o passar do tempo, corroborando com a literatura (BAUER, 2008; MEHTA; MONTEIRO, 2014; NBR 6118 (ABNT, 2007)). A Figura 4-b indica que à medida que o teor de PET é aumentado, a resistência à compressão axial dos concretos diminui; sendo essa tendência mais evidente para os concretos com teores de substituição superiores a 20%. Para os concretos com até 20% de substituição de areia de PET a oscilação de resultados não é significativa, o que motivou uma segunda análise de variância (ANOVA), apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Análise de variância (ANOVA) dos concretos com até 20% de PET.

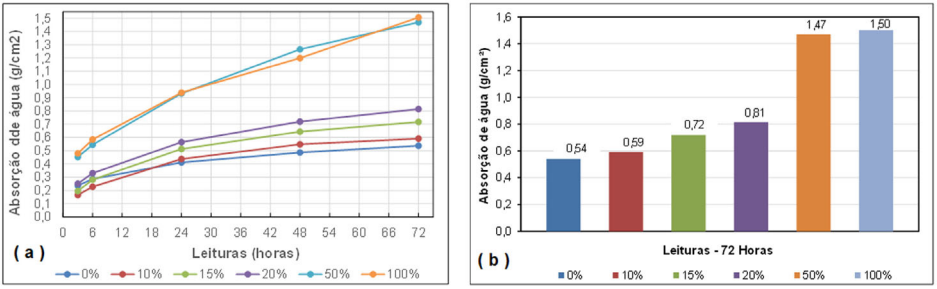
ANOVA	SQ	GL	MQ	Teste F	Significância (p)	
Intercepto	13142,15	1	13142,15	7710,84	0,00	
Teor de PET	2,60	3	0,87	0,51	0,68	Não
Idade de Ensaio	906,61	3	302,20	177,31	0,00	Sim
Erro	27,27	16	1,70			

Fonte: Programa Statistica Release 7.0

Os resultados da ANOVA (Tabela 4) mostram que entre as variáveis independentes estudadas somente a variável "Idade" foi significativa, indicando que a idade em que os ensaios foram realizados influenciou no desempenho mecânicos das misturas. A variável "Teor de PET" não foi significativa, mostrando que as propriedades mecânicas dos concretos não foram influenciadas pela variação do PET nas misturas. O desempenho mecânico do concreto de referência e dos concretos com teores de substituição de até 20% de PET podem ser considerados matematicamente iguais. Os resultados obtidos corroboram com os resultados de Jardim (2017).

Os ensaios de absorção de água por capilaridade (Figura 5) seguiram as prescrições da ABNT NBR 9779/2012, e correspondem ao valor médio obtido de três corpos-de-prova irmãos.

Figura 5 – Gráfico da absorção de água por capilaridade: a) em função do tempo e b) no final do ensaio - 72 horas



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

A Figura 5-a mostra uma tendência de acréscimo da absorção de água com o aumento dos teores de PET nos concretos. Os concretos com 10% e 15% de PET apresentaram absorção inferior ao concreto de referência até as seis horas de ensaio, após esse período atingiram absorções superiores à mistura de referência até o final do ensaio. A Figura 5-b expõe os resultados de absorção de água por capilaridade após o término do ensaio (72 horas). A variação do teor de PET nos concretos (10%, 15%, 20%, 50% e 100%) promoveu um aumento na absorção de água por capilaridade em relação à mistura de referência da ordem de 10%, 33%, 51%, 173% e 178%, respectivamente. Segundo Canellas (2015), o aumento da absorção de água dos concretos com PET pode ser explicado em função das características hidrofóbicas desse material (PET). A matriz cimentícia absorve a água presente, excedendo a quantidade necessária para a hidratação, promovendo o aumento de fissuras na zona de transferência entre matriz e agregado, ocasionando então o aumento da porosidade da mistura e consequentemente da absorção de água.

Os resultados de absorção nas 72 horas de ensaio passaram por uma análise de variância (ANOVA) para avaliar a influência do teor de PET na durabilidade dos concretos. Os resultados (Tabela 5) mostram que a variação do teor de PET nas misturas influenciou matematicamente na absorção de água.

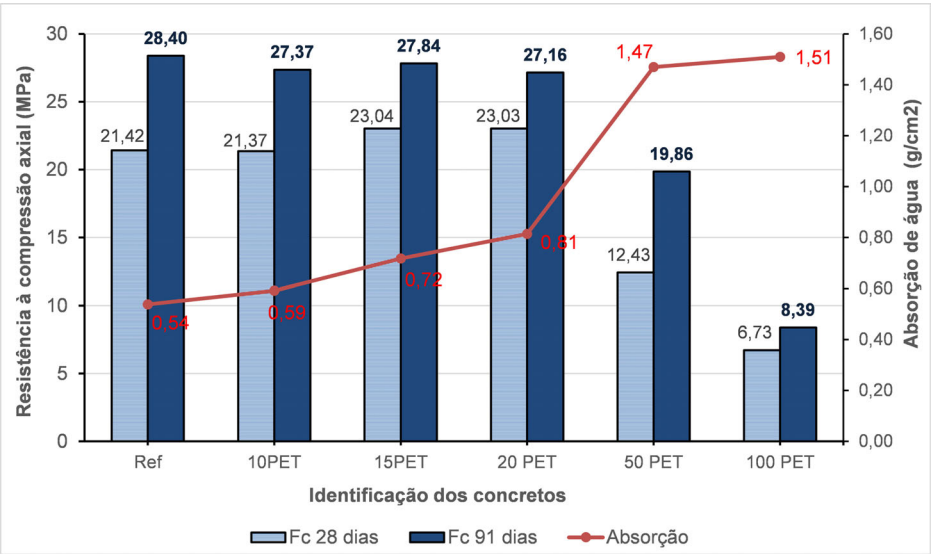
Tabela 5 – Análise de variância (ANOVA) absorção final de água

ANOVA	SQ	GL	MQ	Teste F	Significância (p)	
Intercepto	15,89	1	15,89	1916,50	0,000	
Teor de PET	2,85	5	0,57	68,67	0,000	Sim
Erro	0,99	12	0,008			

Fonte: Programa Statistica Release 7.0

A Figura 6 apresenta os valores médios de absorção de água por capilaridade, obtidos através da ANOVA, e os resultados de resistência à compressão axial aos 28 e 91 dias.

Figura 6 – Gráfico da absorção de água por capilaridade *versus* resistência à compressão axial



Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

A Figura 6 mostra que o aumento do teor de PET nas misturas promoveu um acréscimo da absorção de água por capilaridade e uma redução da resistência à compressão axial dos concretos. A incorporação do resíduo de PET produziu misturas com maior porosidade em comparação com a do concreto de referência, em função das características hidrofóbicas do PET. Os resultados obtidos nessa pesquisa vão ao en-

contro com os resultados encontrados por Canellas (2015) e Modro et al. (2009). Os autores estudaram matrizes cimentícias, com utilização de substituições do agregado miúdo por de agregado reciclado de PET e também observaram um aumento da absorção de água em relação ao concreto referência.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desse estudo mostraram que os diferentes teores de areia de PET utilizados nas misturas podem alterar algumas das propriedades mecânicas e de durabilidade dos concretos.

A substituição do agregado miúdo natural pelo agregado reciclado de PET em teores inferiores a 20% não provocou perda de desempenho mecânico para as misturas investigadas, indicando viabilidade de uso. Entretanto, a variação do teor de PET implicou no aumento da absorção de água por capilaridade, o que pode comprometer a durabilidade dos concretos dependendo da agressividade do ambiente em que o mesmo estiver inserido. Para concretos estruturais, a elevada taxa de absorção por capilaridade não é benéfica para o desempenho da estrutura. No entanto, para concretos não estruturais, o uso do PET pode ser atrativo, principalmente quando se considera a questão ambiental.

Os resultados comprovam que a substituição de areia de PET, cujos teores até 20%, é viável quando utilizados em elementos não estruturais. Considerando que para produzir de 1 m^3 de concreto com teor de 20% PET utiliza-se cerca de 130 kg de areia de PET reduzindo assim a quantidade de areia natural, introduzindo novos materiais aos concretos convencionais e assim contribuindo para com o meio ambiente dando destino a um resíduo que levaria anos para se decompor. Para concretos com finalidade estrutural novos estudos de durabilidade devem ser realizados.

REFERÊNCIAS

ABIPET. **Panorama do Setor**. 2012b. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=36>. Acesso em: 15 Nov, 2017.

ABIPET. **Resina PET** – Fabricação. 2012a. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=65>. Acesso em: 15 Nov, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILERIA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7211**: Agregados para Concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 9776**: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

_____.**NBR 16697**: Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR NM 6118**: Concreto – Projeto de estruturas de

concreto, procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. Vol 1 e 2. São Paulo: LTC, Editora S.A., 2008.

CANELLAS, S. S. **Reciclagem de PET, visando a substituição de agregado miúdo em argamassas**. 78p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais e Metalurgia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

CARMO, D. S.; MAIA, N. S.; CÉSAR, C. G.; **Avaliação da tipologia dos resíduos de Construção Civil entregues nas usinas de beneficiamento de Belo Horizonte**. Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v. 17, n. 2, p. 187-192.

FERREIRA, U. C.; MOREIRA, D. H.; SANTOS, D. H.; MACHADO, R. M.; TOFFOLO, R. V. M. **Estudo da viabilidade mecânica da substituição parcial do agregado miúdo natural pela borracha de pneu moído para a produção de matrizes de cimento Portland**. In: 59° CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 2017, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: IBRACON, 2017.

FORLIN, F. J.; FARIA. J. A. F.; **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 12, nº 1, p. 1-10, 2002.

FRANÇA, Valério Henrique. **Aderência aço-concreto: uma análise do comportamento do concreto fabricado com resíduos de borracha.** 2004. viii, 127 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2004. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/91477>.

HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo: PINI, 1992.

JARDIM, R. R. **Estudo da viabilidade da substituição parcial do agregado miúdo por agregado miúdo reciclado de PET em concretos convencionais**. In: 59° CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 2017, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: IBRACON, 2017.

MACHADO, E. B.; ANGELIN, A.F.; LINTZ, R. C.C; BARBOSA, L.A.G. **Tratamentos superficiais em agregados de borracha para melhoramentos mecânicos de concreto auto adensável**. In: 59° CON-

GRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 2017, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: IBRACON, 2017.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. Ed. Pini, São Paulo, 2014.

MILHORANCE, F. **Base da construção civil, areia é um dos recursos mais valiosos e explorados do mundo**. Jornal O Globo. Rio de Janeiro. 04 jan. 2015.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Reciclagem.** Disponível em:<http://www.mma.gov.br/informma/item/7656-reciclagem> Acesso em: 01 outubro 2018.

MODRO, N.L.R., MODRO, N.R., MODRO, N.R., OLIVEIRA, A.P.N., **Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET.** Revista Matéria, v. 14, n. 1, p. 725-736, 2009.

MOURA, N. B. **Estudo da viabilidade de substituição parcial do agregado miúdo natural por resíduo de PET na fabricação de concreto leve.** 76p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete, Alegrete, 2017.

NOGUEIRA, G. R. F. **A extração de areia em cursos d'água e seus impactos: proposição de uma matriz de interação**. 2016. 74 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

PEDRONI, G. C.; SARAMENTO, T.; SANTOS, S. **Avaliação de vigas produzidas a partir de concreto com incorporação de resíduos**. In: 59° CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 2017, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: IBRACON, 2017.

PEIXOTO, R.A.F.; PAULA, D.P.; SILVA, K.A; RIBEIRO, T.H.R.; SILVA, M.J. **Analysis for application of steel slag in the production of concrete block paving.** In: 9th International Conference on Concrete Block Paving, 2009, Buenos Aires, Argentina.

PEREIRA, E.; MEDEIRAS, M. H. F. de; LEVY, S. W. **Durabilidade de concretos com agregados reciclados: uma aplicação de análise hierárquica**. Revista Ambiente Construído, v. 12, n. 3, p. 125-134, 2012.

SANTOS, G. R. F.; SANTOS, C. T. C.; SOUZA, J. A. V.; LAURSEN, A.; **Análise de concreto com adição de resíduo de borracha de pneu.** In: 59° CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 2017, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: IBRACON, 2017.

SATO, N.M.N. **Análise da porosidade e de propriedades de transporte de massa em concretos.** 163PTESE (Pós-graduação em engenharia civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/viewFile/18231/7059.

SCHIMELFENIG, B; PADILHA, F.; MARCO, A. F.Z.; SILVA, C.V. **Estudo da utilização de agregado reciclado de borracha de pneus (ARBP) como substituição da areia natural em concretos convencionais.** In: 59° CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 2017, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: IBRACON, 2017.

VAZ, C. E. **Avaliação de desempenho de argamassa modificada com areia de PET**. In: 59° CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 2017, Bento Gonçalves. Anais... Bento Gonçalves: IBRACON, 2017.

Capítulo 2 - Análise da Contribuição de Pavimento Intertravado de Concreto Permeável na Redução do Escoamento Superficial em Centros Urbanos

Angelo Magno dos Santos e Silva[1]
Adriana Gindri Salbego[2]

RESUMO

O crescimento dos grandes centros urbanos propicia à população melhoras consideráveis na qualidade de vida. Entretanto, este crescimento traz também problemas que afetam a qualidade de vida da população de forma negativa, principalmente quando esta expansão urbana ocorre de maneira desordenada. Um aspecto negativo oriundo desta evolução deve-se a grande quantidade de áreas impermeabilizadas pelos sistemas de pavimentação convencionais, que modificam as condições de infiltração de água no solo. Com isso, volumes precipitados que anteriormente eram absorvidos pelo solo natural, passam a escoar, elevando o escoamento superficial. Muitas das vezes, as redes de drenagem não acompanham o crescimento urbano à sua volta, tornando-se ineficientes na captação dos volumes de chuva, fazendo com que os fenômenos de alagamentos aconteçam com maior frequência. Neste contexto, vêm se pesquisando alternativas de pavimentação que possam minimizar os percalços provenientes da impermeabilização do solo em meios urbanos. Um dos objetos de pesquisa é o pavimento permeável, uma vez que este possibilite melhores condições de drenagem. Este trabalho apresenta dados obtidos por meio de ensaios realizados onde se buscou conhe-

[1] Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pampa – Unipampa. E-mail: angelo.magno.eng@gmail.com
[2] Doutora em Engenharia pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Professora na área de Recursos hídricos, no Campus Alegrete da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. E-mail: adrisalbego@gmail.com

cer a eficiência de drenagem de um pavimento intertravado de concreto permeável para utilização no município de Alegrete – RS. Para realização dos ensaios foi construído um simulador de chuva sobre um módulo experimental com uma área de 1 m² com declividade de 5%, assentada sobre o reservatório de pedras previamente dimensionado. Para a obtenção dos dados utilizou-se os métodos e as equações referenciadas no estudo apresentado.

Palavras-chave: Drenagem. Pavimento permeável. Escoamento superficial.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização é um processo que acarreta muitos benefícios na qualidade de vida da população. Entretanto, se estes processos ocorrerem de forma desordenada, serão gerados também efeitos negativos à população. Uns dos efeitos mais sentidos se dão em função das extensas áreas impermeabilizadas que incrementam o escoamento superficial, fazendo com que os sistemas de drenagem sejam ineficientes, tendo como consequência grandes enchentes (MOURA, 2005).

Visando reduzir os impactos gerados em função do aumento dos volumes de escoamento superficial, vem se pesquisando novas alternativas de pavimentação que possibilitem uma redução dos volumes escoados e também uma melhoria no sistema de drenagem das águas pluviais. Sabe-se que as impermeabilizações mais convencionais como asfaltamento de ruas e avenidas, grandes edificações, pavimentação de calçadas e outros meios de impermeabilização decorrentes do processo de urbanização, de maneira geral, possibilitam pouca drenagem das águas pluviais (TUCCI, 2000).

De acordo com Tucci (2000), uma impermeabilização de 7% do lote aumenta o escoamento superficial 2,15 vezes em relação ao volume escoado em condição rural. Com isso, comprova-se necessária a implantação de alternativas de pavimentação que reduzam o escoamento superficial, permitindo assim a infiltração desta água no solo ou

direcionando-a as redes de drenagem, trabalhando desta maneira de forma conjunta com as redes de drenagem pluvial, reduzindo as falhas ocorrentes devido ao incremento do volume escoado das águas pluviais.

Um dos materiais que podem ser utilizados como alternativa de pavimentação com o intuito de transmitir condições mais próximas possíveis as originais, no que se refere à retenção de água, é o pavimento permeável. Pavimento permeável é um recurso de infiltração onde os índices precipitados são desviados por meio de uma superfície porosa (permeável), sendo direcionado a um reservatório de pedras localizado sob a superfície do terreno (URBONAS; STAHRE, 1993).

Com o contexto apresentado, o presente estudo se justifica pelo fato de ampliar o conhecimento sobre pavimentos permeáveis. O objetivo da pesquisa foi avaliar a contribuição de um pavimento intertravado de concreto permeável na redução do escoamento superficial.

Para a obtenção dos resultados apresentados foi realizada a montagem de um módulo experimental com um metro quadrado ($1m^2$) com a declividade adequada. Fez-se necessário também a construção de um simulador de chuvas que permitisse simular a precipitação desejada na área experimental. Contudo, foi possível quantificar o escoamento superficial gerado pelas diferentes intensidades de precipitação utilizadas na realização dos ensaios.

2. REVISÃO DA LITERATURA

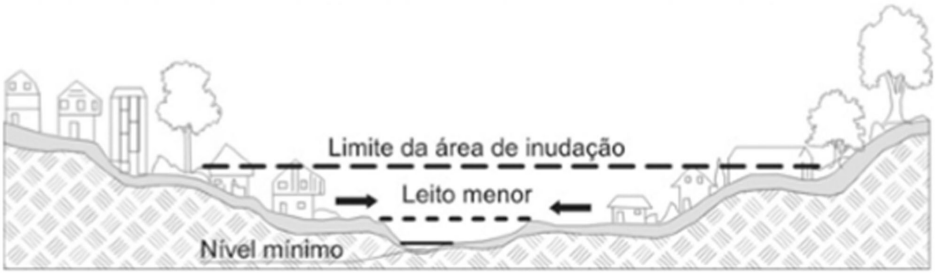
2.1 Processos de urbanização

2.1.1 Impactos da urbanização nas cheias urbanas

Atualmente, ao se ouvir a palavra enchente, realiza-se uma associação com catástrofes urbanas, desabrigados e tantos outros problemas que se tornaram comuns nos centros urbanos. Na realidade, as enchentes sempre existiram, porém, as áreas impermeabilizadas, que são cada vez mais correntes devido aos processos de urbanização, fazem com que este problema afete mais diretamente a população.

Áreas que anteriormente drenavam a água interceptada, após sua impermeabilização, passam a produzir elevado volume de escoamento superficial, contribuindo assim na ocorrência de enchentes e fazendo com que estas se tornem mais corriqueiras. Não bastando à questão das grandes áreas impermeabilizadas, existe também um avanço da população em áreas próximas às margens de rios e córregos, as chamadas áreas ribeirinhas, denominadas também de leito menor e leito maior. A Figura 1 ilustra claramente o que vem acontecendo, onde casas, favelas e indústrias passam a ocupar regiões que, anteriormente, ao serem inundadas, não afetavam de maneira direta a população (TUCCI, 2008).

Figura 1 – Caracterização dos leitos dos rios



Fonte: Tucci (2008, p. 105)

Segundo Tucci (2008), os maiores impactos decorrentes da inundação ocorrem justamente nesta área de risco. Por uma falta de fiscalização do poder público, estes locais são ocupados de maneira, muitas vezes, indevida. Outra questão é o fato de que os Planos Diretores Municipais, na sua grande maioria, não trazem nenhum tipo de restrição quanto à ocupação destas regiões. Contudo, seja pela legislação falha, ou por falta de fiscalização, as inundações se tornaram um grande problema da atualidade.

2.2 Escoamento Superficial

2.2.1 Escoamento Superficial Direto

De todas as fases existentes no ciclo hidrológico, talvez a mais im-

portante para as obras de engenharia seja a do escoamento superficial, que é a fase onde ocorre o transporte da água na superfície terrestre, uma vez que grande parte dos estudos hidrológicos está relacionada ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra sinistros causados pelo seu deslocamento (VILLELA; MATTOS, 1975).

Parte do volume total precipitado numa bacia hidrográfica é interceptado pela vegetação e outros obstáculos, outra parcela é devolvida à atmosfera devido à evapotranspiração e uma outra parte é infiltrada pelo solo. De todo volume precipitado o excedente da chuva se transforma em escoamento superficial direto (GARCEZ; ALVAREZ, 1988; VILLELA; MATTOS, 1975).

2.2.2 Determinação do Escoamento Superficial pelo Método Racional

Tucci (1993) traz o método racional como amplamente utilizado na determinação da vazão máxima para bacias pequenas (até 2 km²). Nesta metodologia os princípios básicos são: a duração da precipitação intensa de projeto é considerada igual ao tempo de concentração; determinação de um coeficiente único de perdas denominado C, estimado com base nas características da bacia; não é avaliado o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões.

A equação deste modelo de determinação é a seguinte:

$$Q_{max} = 0{,}278 * C * I * A \qquad ...(1)$$

onde "I" é a intensidade em mm/h; "A" é a área da bacia em km² e "C" trata-se do coeficiente de perdas obtido de acordo com as características do terreno por meio de tabelas. A vazão máxima "Q" é dada em m³/s.

2.3 Pavimentos Permeáveis

Pavimentos permeáveis são aqueles que possuem espaços livres em

sua estrutura, permitindo a infiltração da água e desviando este volume que seria escoado para um reservatório de pedras. A camada superior ou revestimento de um pavimento permeável deve possibilitar a passagem de até 100% da água por entre seus vazios, dependendo da intensidade de precipitação. Esta camada de revestimento exerce a função de drenar e conduzir o que seria escoado para o reservatório de pedras (URBONAS; STAHRE, 1993).

A infiltração existente nos pavimentos permeáveis é classificada em três categorias básicas. Essa divisão se dá conforme o tipo de solo e/ou nível do lençol freático, que pode permitir infiltração total, parcial ou até mesmo não permitir infiltração, como ocorre nos casos em que a água captada é direcionada para as redes de drenagens (COSTA; ALVES; BARBOZA, 2011).

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Para atingir os objetivos propostos no presente estudo, foi adotado o procedimento metodológico apresentado nas etapas descritas em sequência.

1ª Etapa: Aquisição dos blocos intertravados de concreto permeável: Os blocos utilizados na pesquisa foram adquiridos junto à empresa Tecmold, localizada no município de Gravataí – RS. De acordo com a empresa, o processo de fabricação dos blocos segue os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 16416/2015 – Pavimentos Permeáveis de Concreto – Requisitos e Procedimentos. Os blocos apresentam as seguintes dimensões: 10cm x 20cm x 6cm (largura x comprimento x espessura), com resistência mecânica mínima de 20 MPa, assim como recomenda a referência normativa.

2ª Etapa: Construção do simulador de chuva: A construção do simulador de chuva visou à simulação da precipitação desejada. A intensidade utilizada se baseou na intensidade média de precipitação para o local de estudo com base na equação:

$$I = \frac{a \times TR^{b}}{(t+c)^{d}} \qquad ...(2)$$

onde “TR” é o tempo de retorno em anos; “I” é a intensidade de precipitação em $mm.h^{-1}$; “t” é a duração em minutos; “a”, “b”, “c” e “d” são parâmetros adimensionais ajustados em relação ao local. Os parâmetros utilizados na equação são definidos por Denardin e Freitas (1982), disponível no *software* Pluvio 2.1, da Universidade Federal de Viçosa (GRUPO DE PESQUISA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2006).

O simulador construído (Figura 2) consiste em uma armação retangular, apoiada sobre quatro hastes fixas sobre a superfície dos blocos utilizados. Para minimizar a ação do vento sobre as gotas de chuva, o experimento foi realizado em ambiente protegido. Na base superior do simulador foi fixado um sistema de tubulações de PVC, perfurados de maneira uniforme, para simular as gotas de chuva, sendo alimentados por uma entrada de água. A alimentação do simulador ocorreu através de um reservatório de 2000 litros, onde, com o auxílio de um conjunto motor-bomba, foi possível controlar a vazão, de forma que fosse atendida a intensidade de precipitação necessária durante a execução do ensaio.

Figura 2 – Simulador de chuva utilizado na pesquisa

Fonte: Elaboração Própria (2016)

A Figura 2 apresenta dois momentos referentes à montagem do módulo experimental. O item "A)" traz o experimento já montado, incluindo colocação do simulador, já nivelado, e os blocos devidamente colocados sobre o reservatório de pedras. Já a parte "B" mostra o momento em que foi realizada a aferição do equipamento verificando se a simulação realizada se apresentava de maneira uniforme em toda a superfície ensaiada.

3ª Etapa: Definição da área de estudo e montagem do módulo experimental: A área de estudo estava localizada nas dependências da Unipampa campus Alegrete. O módulo experimental consistiu em uma área de pavimento com 1m², e inclinação de 5%, conforme recomendado por Marchioni e Silva (2011). O assentamento dos blocos intertravados de concreto permeável foi realizado sobre uma base de brita denominado reservatório de pedras. Este reservatório de pedras foi dimensionado segundo o modelo proposto por Araújo, Tucci e Goldenfum (2000), pela seguinte expressão:

$$Vr = (ip + c - ie) * td \qquad ...(3)$$

onde "**Vr**" é o volume de chuva a ser retido pelo reservatório em mm; "**ip**" é a intensidade máxima de chuva de projeto em mm/h; "**c**" é o fator de contribuição de áreas externas ao pavimento permeável, sendo para o experimento c=0; "**ie**" a capacidade de infiltração do solo em mm/h, e "**td**" o tempo de retorno em horas, sendo adotado 15 minutos. Conhecendo "" determinou-se o valor de "H", sendo este a altura mínima determinada para o reservatório de pedras (ARAÚJO; TUCCI; GOLDENFUM, 2000):

$$H = \frac{Vr}{n} \qquad ...(4)$$

onde "n" é a porosidade da brita, sendo adotado "n" = 40% (brita nº 3).

Nesta etapa foi realizada ainda a caracterização do solo local. Para a realização dos ensaios, fez-se necessário conhecer a capacidade de infil-

tração do solo onde foi realizado o estudo. Esta informação é necessária para se dimensionar o reservatório de pedras, exigido na implementação de pavimentos permeáveis. Sendo assim, buscou-se na bibliografia dados referentes à capacidade de infiltração do solo local, sendo utilizados os dados apresentados por Cooper (2013), que verificou a capacidade de infiltração da mesma área de estudo para a realização de seu estudo que analisou a variação do escoamento superficial em três tipos de pavimentos.

4ª Etapa: Realização dos experimentos e obtenção dos dados: Nesta etapa foram realizados os seguintes procedimentos: determinação da umidade inicial do solo no momento da execução de cada ensaio; colocação e nivelamento do simulador de chuva sobre o pavimento a ser ensaiado; simulação dos índices de precipitação desejados sobre o pavimento ensaiado; anotação das variações do nível de água do reservatório que alimentou o simulador; montagem de uma calha coletora para captação do volume de escoamento gerado; medição da variação do volume do reservatório a jusante, visando determinar o escoamento superficial gerado pelo pavimento.

Posteriormente aos ensaios, foram determinados os dados descritos a seguir:

a) Cálculo da vazão de aplicação:

$$\mathrm{Qapl} = \mathrm{Ac} \times \frac{\Delta \mathrm{he}}{\Delta \mathrm{t}} \qquad ...(5)$$

onde "Qapl" é a vazão de aplicação sobre os pavimentos em m^3/s; "Ac" é a área em planta do reservatório em m^2; "Δhe" é a variação do nível de água no reservatório em m; e "Δt" é o intervalo de tempo entre as leituras em segundos.

a) Determinação da intensidade de precipitação:

$$i = \frac{Vapl/A}{tapl} \qquad ...(6)$$

onde "Vapl" é o volume aplicado sobre o pavimento em litros; "A" é a área do pavimento em m^2; "tapl" é o tempo de aplicação em minutos

e “i” é a intensidade de precipitação em mm/h.

a) Determinação do escoamento superficial:

Para determinação do volume escoado utilizou-se de uma calha coletora que direcionava o escoamento para um recipiente. Ao final do ensaio este volume era inserido em uma proveta milimetrada, tornando assim conhecido o volume escoado, em litros por minuto (l/min).

b) Cálculo do coeficiente C pelo método racional.

Para o cálculo de coeficiente de escoamento, utilizou-se a equação 7:

$$C = \frac{60 \times Qmáx}{i \times A} \qquad ...(7)$$

onde “C” é o coeficiente de escoamento superficial, “Qmáx” é a vazão máxima em litros por minuto, “i” é a intensidade de precipitação em milímetros por hora e “A” é a área do pavimento em metros quadrados.

4. RESULTADOS

O estudo realizado apresenta a eficiência de um pavimento intertravado de concreto permeável na redução do escoamento superficial. Assim como esperado, encontrou-se neste tipo de pavimento resultados satisfatórios na redução do escoamento superficial.

Para a realização dos ensaios foi determinada a caracterização do solo do local no que se refere a capacidade de infiltração. Este parâmetro se faz necessário para efetuar o dimensionamento do reservatório de pedras utilizado no módulo experimental da pesquisa. Segundo Cooper (2013), o solo de Alegrete apresenta baixa capacidade de infiltração, com valores próximos de 0,04 milímetros por hora.

Para a pesquisa foi adotado um tempo de retorno de 10 anos com duração de 15 minutos. Assim, determinou-se a intensidade de precipitação máxima para Alegrete, por meio das equações de chuvas intensas (Equação 6), sendo a intensidade encontrada de 148,48 milímetros por hora.

Conhecida a intensidade de precipitação, calculou-se o volume de

chuva a ser retido pelo reservatório de pedras, sendo este de 37,09 milímetros. Com o volume a ser retido dimensionado, efetuou-se a altura do reservatório de pedras, sendo encontrada uma altura de 92,50 milímetros. Entretanto, este valor encontrado é inferior ao mínimo recomendado, que é de 150 milímetros, sendo então adotado o valor mínimo.

Para a determinação do escoamento superficial, utilizou-se duas intensidades de precipitação, sendo uma próxima ao valor encontrado para precipitação máxima, e outra uma intensidade menor. Antes da execução de cada um dos ensaios realizados, foram retiradas amostras do solo com o intuito de conhecer o teor de umidade do solo, para que assim fosse possível relacionar o teor de umidade com a eficiência do bloco em reduzir o escoamento superficial.

Em cada ensaio realizado foram feitas três repetições, para uma mesma vazão. No início de cada ensaio foi realizada a leitura do nível do reservatório que alimentava o sistema. Este procedimento também foi realizado no final de cada ensaio, conhecendo desta maneira a variação do nível do reservatório. O volume escoado era direcionado para uma proveta milimetrada, determinando-se, assim, o volume de escoamento gerado. As Tabelas 1 e 2 expõem os dados obtidos em cada um dos ensaios realizados.

Tabela 1 – Dados obtidos: ensaio 1

Teste	Vazão aplicada (m³/s)	Teor de umidade do solo (%)	Intensidade média (mm/h)	Escoamento superficial (l/min)	C (Método Racional)
1	3,70E-05	6,50%	133,33	0,15	0,070
2	3,92E-05	8,04%	141,17	0,18	0,080
3	3,92E-05	10,84%	141,17	0,21	0,090

Tabela 2 – Dados obtidos: ensaio 2

Teste	Vazão aplicada (m³/s)	Teor de umidade do solo (%)	Intensidade média (mm/h)	Escoamento superficial (l/min)	C (Método Racional)
1	2,40E-05	13,03%	86,27	0,08	0,057
2	2,61E-05	16,82%	94,11	0,10	0,065
3	2,40E-05	18,94%	86,27	0,10	0,070

Fonte: Elaboração Própria

Analisando os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2, verifica-se a eficiência dos pavimentos intertravados de concreto permeável na redução do escoamento superficial. Em ambas, os índices de escoamento gerados são menores, se comparados com outros tipos de pavimentos. Para o ensaio 1, obteve-se coeficiente de escoamento médio de 0,08, enquanto que, para o ensaio 2, o coeficiente foi de 0,06. Estes valores são muito inferiores ao coeficiente de escoamento de um pavimento de concreto convencional, por exemplo, que apresenta índices superiores a 0,9.

Observou-se nos experimentos um pequeno acréscimo dos coeficientes de escoamento conforme aumentava o teor de umidade do solo, comprovando que as condições do solo podem interferir na capacidade de infiltração do pavimento. A justificativa para a elevação do teor de umidade do solo se dá pelo fato dos ensaios serem realizados em sequência, com intervalo entre si de 10 minutos.

Na realização dos ensaios era notável que grande parte do volume de precipitação precipitado era absorvida rapidamente pelo pavimento, direcionando este volume para o reservatório de pedras. Outra característica observada foi a questão de os blocos apresentarem sua superfície seca, logo após o término de cada simulação, comprovando a rápida absorção do material. Estas características são mencionadas por Acioli (2005) e Araújo, Tucci e Gondenfun (2000), comprovando assim o que foi observado.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo visou analisar a contribuição de um pavimento intertravado de concreto permeável sob diferentes intensidades de precipitação para uma área de estudo no munícipio de Alegrete. Na realização dos experimentos os blocos intertravados de concreto permeável foram colocados em uma superfície de 1 m² com declividade de 5%. Esta área exerceu a função de captar o volume precipitado, fazendo seu direcionamento para o reservatório de pedras, sendo este escolhido como sistema de infiltração total. O volume excedente era direcionado para

um sistema coletor, onde, deste, era conduzido para um recipiente para posterior determinação do volume escoado.

Com base no referencial bibliográfico ficou constatado que o solo local possui baixa capacidade de infiltração, o que muitas vezes pode inviabilizar a utilização dos pavimentos permeáveis com sistema de infiltração total. Com isso é indicado como possível solução a utilização de outro sistema de infiltração, como o de infiltração parcial que, por meio de drenos, faz com que a água drenada pelo pavimento não necessite ser captada por completo pelo solo.

Os resultados encontrados ocorreram dentro do esperado. Quando determinados os valores médios para o coeficiente de escoamento superficial do bloco intertravado de concreto permeável, comprovou-se que este possui valores consideravelmente menores, quando comparados com outros tipos de materiais comumente utilizados para pavimentação.

A pesquisa comprova que as condições do solo, quanto ao teor de umidade, interferem na capacidade de infiltração do pavimento, pois os valores dos coeficientes de escoamento superficial encontrados para uma mesma intensidade de precipitação aumentaram, de um teste para outro, conforme o teor de umidade também aumentava.

Os blocos de concreto permeável apresentaram coeficiente de escoamento superficial próximo a estudos realizados em áreas não pavimentadas, como áreas gramadas ou solo exposto. Estes, na maioria das vezes, são aqueles que apresentam melhor desempenho na redução do escoamento, entretanto, em função das características deste solo exposto, isso nem sempre acontece, sendo a utilização dos pavimentos permeáveis uma boa alternativa, desde que devidamente dimensionado seu sistema de infiltração.

Outra questão que viabiliza a utilização dos pavimentos permeáveis refere-se às superfícies gramadas, ou com solo exposto, exigirem alguns cuidados (limpeza, irrigação e corte), sendo os blocos de concreto permeável uma boa opção para passeios públicos, pátios domésticos e áreas de estacionamento por sua maior praticidade.

Cabe salientar que o estudo realizado ficou limitado a área experimental, nas dependências do campus Alegrete da Universidade Federal

do Pampa. Sendo assim, seria errôneo afirmar que o estudo apresentado serve para todo o munícipio. Mesmo que os índices utilizados na determinação da intensidade de precipitação máxima para a cidade sejam próximos, o solo de uma região para outra pode apresentar diferentes características, alterando, assim, a efetividade dos pavimentos permeáveis de um local da cidade para outro.

Conforme visto, o solo do município de Alegrete possui capacidade de infiltração baixa, o que inviabiliza de certa maneira a utilização dos pavimentos permeáveis com sistema de infiltração total. Todavia, mesmo sob estas circunstâncias a utilização dos pavimentos intertravados permeáveis são uma boa alternativa em locais destinados a circulação de pedestres e veículos leves, conforme recomendado em norma, já que o material ensaiado apresentou capacidade de infiltração muito superior quando comparado a superfícies de concreto convencional, além da questão da praticidade comparada com superfícies gramadas, podendo contribuir de forma semelhante no que se refere à redução do escoamento superficial.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416**: Pavimentos permeáveis de concreto - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos Permeáveis na redução de escoamento superficial. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** Porto Alegre, v. 5, n. 3, p.21-29, jul. 2000.

COOPER, A. M. **Estudo de viabilidade técnica da implantação de pavimentos permeáveis do tipo infiltração total para redução do escoamento superficial, na cidade de Alegrete/RS.** 2013. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2013.

COSTA, C. S.; ALVES, E. M. A.; BARBOZA, T. D. **Uso de pavimentos permeáveis como medida de controle das inundações urbanas.**

2011. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2011.

DENARDIN, J. E.; FREITAS, P. L. Características da Chuva no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 10, n. 17, p.1409-1416, out. 1982.

GARCEZ, L. N.; A ALVAREZ, G. **Hidrologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 291 p.

GRUPO DE PESQUISA DE RECURSOS HÍDRICOS (Minas Gerais). **Pluvio 2.1.** 2006. Disponível em: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>. Acesso em: 10 jun. 2016.

MARCHIONI, M.; SILVA, C. O. **Conceitos e Requisitos para pavimento intertravado permeável.** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2011. 8 p.

MOURA, T. A. M. **Estudo experimental de superfícies permeáveis para o controle do escoamento superficial em ambientes urbanos.** 2005. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2005.

TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia**: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 1993. 943 p.

___. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS, 2000. 9 p.

___. (Org.). Desenvolvimento Urbano: Estrutura urbana. In: **ÁGUAS Urbanas**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. p. 97-112.

URBONAS, B.; STAHRE, P. **Stormwater Best Management Pratices and Detention Prentice Hall**, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993. 450 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: Mc Graw - Hill do Brasil, 1975. 245 p.

Capítulo 3 - ENERGIA SUSTENTÁVEL: Estudo Comparativo entre Lodos de Estações de Tratamento de Água Gerados com Coagulantes Distintos Frente a sua Capacidade na Produção de Energia

Beatriz Stoll Moraes[1]
Ivo André Hömrich Schneider[2]
Cristine Machado Schwanke[3]
Juliana Young[4]

RESUMO

O lodo é o principal resíduo sólido gerado no processo de Tratamento de Água para Abastecimento Público, no qual ocorre na Estação de Tratamento de Água (ETA). Na maioria dos municípios brasileiros, estes lodos são despejados sem nenhuma forma de tratamento, contribuindo com a degradação da qualidade dos mananciais. O objetivo principal deste trabalho foi verificar a possibilidade da utilização dos lodos

[1] Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Doutora em Engenharia, ênfase em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Professora na área Ambiental no *campus* São Gabriel, da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. E-mail: beatrizmoraes@unipampa.edu.br

[2] Engenheiro de Minas e Doutor em Engenharia, ênfase em Metalurgia Extrativa pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Professor no Departamento de Engenharia de Minas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.
E-mail: ivo@ufrgs.br

[3] Engenheira Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica – PUCRS. Doutora em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Professora na área de Engenharia de Fluidos, no *campus* Bagé da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA.
E-mail: cristine.schwanke@unipampa.edu.br

[4] Geóloga pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Doutoranda de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Geóloga do Laboratório de Geociências, no *campus* Caçapava do Sul da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA,
E-mail: julianayoung@unipampa.edu.br

das ETA como Fonte Alternativa de Energia, comparando os lodos gerados com os coagulantes primários Polialumínio Cloreto (PAC) e Tanino (T) extraído de casca de *Acacia mearsii* de Wild. A metodologia utilizada contou com as seguintes análises físicas e químicas: Estereomicroscopia, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Perda ao Fogo, análises elementares de Carbono (C), Hidrogênio(H), Nitrogênio(N) e Enxofre(S), Poder Calorífico Superior (PCS) e Inferior (PCI). O lodo ao PAC foi coletado diretamente na planta da ETA São Gabriel Saneamento, localizada no Município de São Gabriel/RS e, o lodo ao Tanino foi gerado no Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, na Universidade Federal do Pampa, campus São Gabriel. Os resultados mostraram que lodos de ETA possuem potencial de geração de energia de 31,16% a mais que os lodos ao PAC, podendo ser aplicada dentro das próprias instalações de processo tornando-as mais sustentáveis em termos energéticos.

Palavras-chave: Combustível Alternativo. Lodos de ETA. Autossustentável.

1. INTRODUÇÃO

O Tratamento de Água de Abastecimento Público está presente em praticamente todos os municípios brasileiros e, durante o processo de purificação das águas são gerados resíduos que são lançados em 62,44% *in natura* nos mananciais (IBGE, 2010), ocasionando uma queda no oxigênio dissolvido, necessários na estabilização da carga orgânica e dos metais contidos nele. Esta situação pode levar o manancial a condições anaeróbicas, com a produção de odores desagradáveis, possível crescimento de algas e, consequentemente mortandade de peixes (MOREIRA *et al.*, 2009).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei Federal 12.305/2010) baseada na Lei 11.445/2007 das Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico e do Decreto 7.217/2010 que faz cumprir esta Lei

obriga as Estações de Tratamento de Água destinar de forma correta estes resíduos, a fim de contribuir para a melhora de qualidade dos mananciais.

Desta forma, abre-se um leque de oportunidades de estudos de destino deste resíduo, como a incorporação em materiais cerâmicos (WOLFF *et al.*, 2015; KIZINIEVIÈ *et al.*, 2016; MEDEIROS *et al.*, 2010), incorporação em cimentos e concretos (SUKSIRIPATTANAPONG *et al.*, 2015; SALES *et al.*, 2015), e como coagulante em Estações de Tratamento de Esgotos Urbanos (ETE) (RICHTER, 2001).

Mais recentemente pesquisas voltadas ao aproveitamento energético foram realizadas, apontando uma nova forma de aproveitamento deste lodo, contribuindo com a minimização dos gastos com energia elétrica, tornando uma Estação autossustentável, dependendo do volume de lodo gerado do tipo de coagulante aplicado na operação (MORAES, 2018).

Com o intuito de utilizar o lodo descartado como fonte alternativa de geração de energia foram realizadas análises com o intuito de comparar a estrutura física e elementar entre dois lodos gerados com coagulantes primários distintos: um contendo o metal alumínio (inorgânico) e outro contendo tanino extraído de casca de *Acacia mearsii* de Wild (orgânico).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

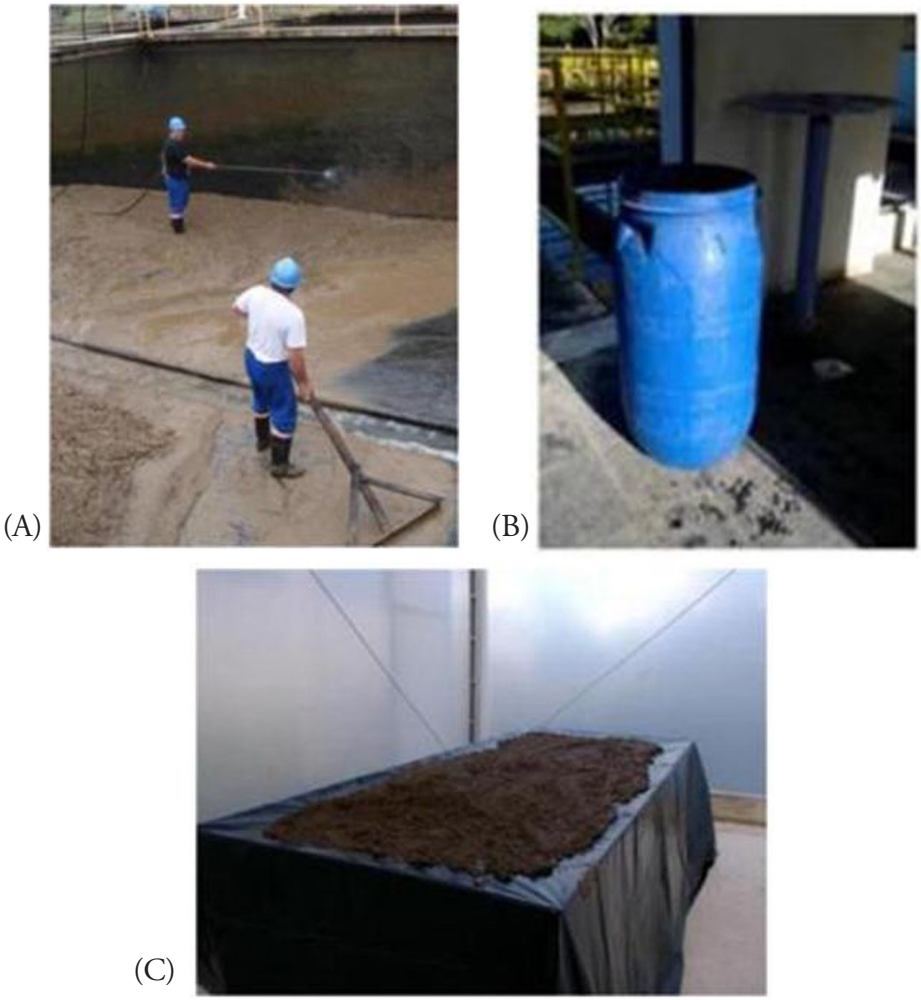
Pertencente a bacia hidrográfica do Vacacaí-Vacacaí Mirim (SEMA, 2010) e contando com cinco nascentes, o rio Vacacaí (Figura 1) abastece os aproximados 60 mil habitantes do município de São Gabriel/RS; está enquadrado como Classe 2 pelo CONAMA 357 de 2005 (baixo nível de poluição) na área rural e Classe 3 (poluído) na área urbana, uma vez que recebe os esgotos domésticos praticamente sem tratamento.

Figura 1 – Rio Vacacaí na área urbana no município de São Gabriel/RS

Fonte: Acervo do autor (2013)

A Estação de Tratamento de Água (ETA) da São Gabriel Saneamento S/A possui capacidade de captação média 140 $L.s^{-1}$ e, utiliza como coagulante principal o Polialumínio Cloreto (PAC), na concentração de 18%. Desta estação foram coletados 30 litros de lodo do decantador (Figura 2A), no momento de seu descarte. O lodo foi armazenado e transportado em uma bombona lacrada (Figura 2B) até a estufa localizada no campus da Universidade Federal do Pampa (Unipampa) *campus* São Gabriel, onde foi desidratado naturalmente (Figura 2C).

Figura 2 – (A) Momento da coleta do lodo no decantador – ETA São Gabriel Saneamento; (B) Transporte do Lodo ao PAC; (C) Lodo em desidratação natural



Fonte: Acervo dos autores (2013)

O lodo com coagulante orgânico foi gerado no Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento da Unipampa *campus* São Gabriel, evitando-se erros de interpretação com falsos resultados, já que a única estação que utiliza em planta o Tanino de casca de *Acacia mearsii* está localizada na região metropolitana de Porto Alegre, onde o manancial é

considerado pelo Conama 357 de 2005 como Classe 4 (altamente poluído).

Utilizando-se o Teste de Jarros (*Jartest*) determinou-se a dosagem adequada do coagulante orgânico (Tanino) e esta condição foi repassada para volumes maiores, gerando lodos por bateladas (Figura 3) até obter quantidade suficiente de lodos desidratados, fornecendo condições para a realização dos testes.

Figura 3 – Floculação em escala de 60L para obtenção do lodo ao Tanino

Os lodos desidratados (PAC e Tanino) passaram pelos mesmos tratamentos posteriores, ou seja, foram levados à estufa a 105ºC para remoção da umidade ainda existente e após, desagregados à pó em grau de porcelana. As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno e encaminhadas às análises físicas e elementares nos laboratórios da UFRGS e Unipampa *campus* Bagé.

Nas amostras foram realizadas as seguintes análises:

Estereomicroscopia: utilizou-se um Estereomicroscópio, binocular, marca MOTIC, com aumentos de 64, 160, 250 e 400 vezes, onde foi possível observar diferenças significativas de morfologia. As imagens di-

gitais foram obtidas com câmera fotográfica digital HP Photosmart M54, instalados no Laboratório da Engenharia Química da Unipampa campus Bagé.

Análise Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV: as imagens obtidas foram realizadas no laboratório de mesmo nome no Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IG/UFRGS), no equipamento modelo JSM-5800LV JEOL, após desagregação nas amostras em grau de ágata até pó. Não foi necessária a metalização das amostras, já que as primeiras imagens foram nítidas, sendo elas acomodadas diretamente em uma fita de carbono e, após nas "panelas de alumínio" denominadas de *tubs*. Foram submetidas ao vácuo e após saturamento do filamento, os elétrons foram retroespalhados na superfície da amostra, gerando uma imagem que foi percebida e registrada.

Análise Elementar CNHS: Os elementos Carbono, Hidrogênio, Nitrogênio e Enxofre presentes na amostra foram determinados por Análise Elementar Instrumental, por combustão da amostra e detecção por infravermelho no equipamento Analyser Organic Elementar, Flash 2000 da Thermo Scientific, segundo a metodologia especificada na ASTM D 5373-93 (1997). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Carvão e de Rochas Geradoras de Petróleo (IG/UFRGS).

Análise de Perda ao Fogo: As análises de perda ao fogo oportunizaram quantificar o teor de materiais inorgânicos como óxidos e silicatos, após remoção da umidade (água de cristalização), da matéria orgânica e do dióxido de carbono, utilizando-se temperatura elevada (950ºC), realizadas de acordo com CEMP 120/2015.

Análise de Poder Calorífico Superior (PCS) e Inferior (PCI): O Poder Calorífico Superior foi determinado por Bomba Calorimétrica, seguindo a metodologia ASTM D-2015-91 (ASTM, 1991), nos Laboratório de Estudos Ambientais para Metalurgia – LEAmet e Laboratório de Análises de Carvão e de Rochas Geradoras de Petróleo (IG/

UFRGS). A Bomba Calorimétrica utilizada foi da marca IKAWERKE C2000 basic/control. Este método determina o calor produzido pela combustão de uma amostra sob atmosfera de oxigênio puro (99,95%) e pressão de 30 bar em uma Bomba Adiabática Calorimétrica. O acréscimo da temperatura da água existente na amostra causada pela combustão é comparado com uma amostra de referência o ácido benzóico. O Poder Calorífico Inferior (PCI) foi calculado, conforme a equação:

$$PCI = PCS - m_{água}.(cp_{água} \times \Delta t + L_{água}) \qquad ...(1)$$

Onde:

PCI = Poder Calorífico Inferior ($cal.g^{-1}$)

$m_{água}$ - cada g de H gera 9g de água (depende do resultado do CHNS)

Δt = diferença da temperatura ambiente até temperatura de ebulição da água

$cp_{água}$ = capacidade calorífica da água ($1kcal.kg^{-1}$)

$L_{água}$ = calor latente da água ($540kcal.kg^{-1}$)

Determinação da quantidade de lodo gerada por cálculos estequiométricos: Para o cálculo da quantidade de lodo gerado em uma estação, utiliza-se a reação estequiométrica do coagulante sulfato de alumínio.

$$Al_2(SO_4)_3.14H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2 + 14H_2O$$

Pela estequiometria cada 594g de $Al_2(SO_4)_3.14H_2O$ formam 156g de $Al(OH)_3$. Então 1g de $Al_2(SO_4)_3.14H_2O$ produz 0,26g de $Al(OH)_3$. Este dado é importante para o cálculo da quantidade de lodo gerado na ETA com Sulfato de Alumínio, base para o cálculo utilizando Polialumínio Cloreto e para Tanino. Outro dado importante é a relação entre a turbidez e os sólidos removidos, que aceita valores entre 0.5 e 2.0mg/UNT. Para efeito de cálculo é adotado o valor de 0.75mg/UNT.

De acordo com Viessman e Hammer (1998) a Equação 2 é a utilizada no cálculo da produção de lodo com a utilização do Sulfato de Alumínio:

$$LP_{SA} = [T \times 0.75] + [C_{SA} \times 0.44] \times Q \quad ...(2)$$

Onde:
LP_{SA} = Quantidade de Lodo Produzido com Sulfato de Alumínio
T = Turbidez da água bruta (UNT)
C_{SA} = concentração do sulfato de alumínio (mg $Al_2(SO_4)_3.14H_2O$/L)
0.75 = relação entre sólidos e turbidez = 0.75mg/UNT
0.44 = relação entre sulfato de alumínio e produção de $Al(OH)_3$
Q = vazão de água tratada ($L.d^{-1}$)

Vanacôr (2005) adaptou a Equação 2 para coagulantes a base de Tanino, utilizando dados reais da ETA Novo Hamburgo (região metropolitana de Porto Alegre/RS), relacionando a concentração de sólidos que entram no decantador com a Turbidez da água bruta:

$$LP_{Tanino} = [T \times 0.75] + [C_{Tanino} \times \Delta_i] \times Q \quad ...(3)$$

Onde:
LP_{Tanino} = Quantidade de Lodo Produzido com a utilização de Tanino (kg)
T = Turbidez da água bruta (UNT)
C_{Tanino} = concentração do Tanino (mg $Tanino.L^{-1}$)
0.75 = relação entre sólidos e turbidez = 0.75mg/UNT
Δ_i = relação entre Tanino e Sólidos = mg Sólidos/mg Tanino
Q = vazão de água tratada ($L.d^{-1}$)
A relação Δ é dado por:

$$\Delta_i = C_{Tanino} / Q \times T \quad ...(4)$$

Sendo que:
C_{Tanino} = concentração média utilizada do coagulante em g/m^3
Q = vazão da água tratada em $m^3.d^{-1}$
T = turbidez (UNT)

E, por fim, utilizando a mesma idéia de Vanacôr (2005) adaptou a Equação 2 para coagulantes a base de Polialumínio Cloreto, utilizando dados reais da ETA São Gabriel Saneamento, relacionando a concentração de sólidos que entram no decantador com a Turbidez da água bruta:

$$LP_{PAC} = [T \times 0{,}75] + [C_{PAC} \times \Psi] \times Q \qquad \ldots(5)$$

Sendo:

LP_{PAC} = Quantidade de Lodo Produzido com Policloreto de Alumínio (kg)

T = Turbidez da água bruta (UNT)

C_{PAC} = concentração do Polialumínio Cloreto (mg PAC.L^{-1})

0.75 = relação entre sólidos e turbidez = 0.75mg/UNT

Ψ = relação entre Sólidos e PAC = mg Sólidos/mg PAC

Q = vazão de água tratada (L/d)

A relação Ψ é dado por:

$$\Psi = C_{PAC} / Q \times T \qquad \ldots(6)$$

Onde:

C_{PAC} = concentração média utilizada do coagulante em g/m^3

T = turbidez (UNT)

Q = vazão da água tratada em $m^3.d^{-1}$

Cálculo da produção de energia elétrica utilizando o lodo como matéria-prima: Para o cálculo da energia que pode ser gerada a partir da quantidade de lodo produzida, é necessário o cálculo do Poder Calorífico Inferior, que leva em consideração o calor latente de vaporização da água presente. Seu cálculo é dado pela equação 1.

Para a simulação dos cálculos da combustão direta de biomassa em caldeiras, nos chamados ciclo a vapor, foram utilizados o conjunto motor estacionário modelo SGI-12A fabricado pela SCANIA, com eficiência de transformação de 70% (ERBR, 2018). A porcentagem presente de matéria orgânica é dada pela análise de Perda ao Fogo.

A Potência gerada ao mês é dada pela equação 7.

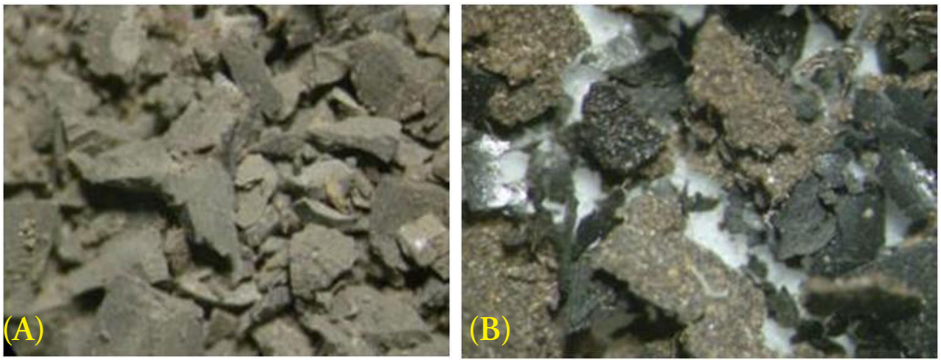
$$P\ (MW/mês) = [LP \times MO \times PCI \times \eta] / 860.\ H_s \qquad ...(7)$$

Onde:
P = Potência gerada (MW/mês)
LP = Quantidade de Lodo Produzido
MO = Matéria Orgânica presente no resíduo
PCI = Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)
η = Rendimento do turbogerador
860 = fator de conversão de kcal/kg para kWh/kg
H_s = Horas de geração de energia trabalhadas ao mês

3. DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Estereomicroscopia: Esta análise foi realizada com o intuito de verificar a estrutura quanto a facilidade de desagregação interessante na hora da queima dos resíduos. As imagens mostraram que o PAC apresentou grãos de morfologia homogênea, de coloração marrom acinzentado, com relativa facilidade ao macerar. No aumento de 250X (Figura 4A) pode-se observar poucas manchas amareladas referentes a presença de ferro, oriundo do manancial. Já o lodo ao Tanino mostrou-se completamente diferente do lodo anterior, com grãos de morfologia heterogênea, em tons de marrom e de fácil maceração. Pode-se observar pontos brilhantes de sílica e presença de pequenos filamentos vegetais na Figura 4B. Estes filamentos são oriundos do coagulante utilizado a base de casca de Acácia.

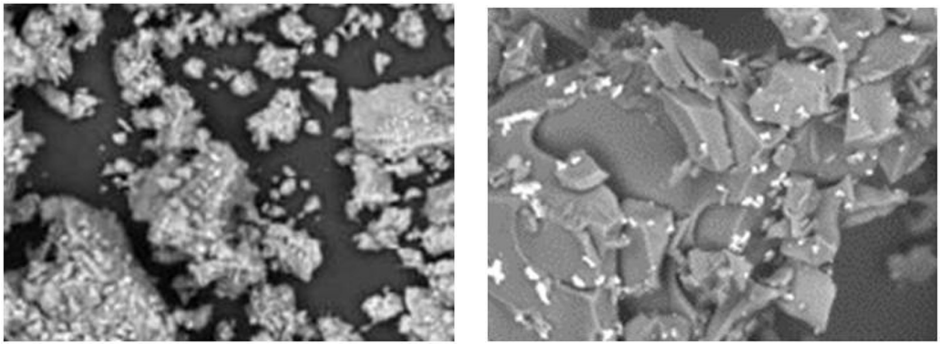
Figura 4 – (A) Imagem do lodo ao PAC e; (B) Imagem do lodo ao Tanino no Estereomicroscópio MOTIC com aumento de 250X



Fonte: Acervo dos autores (2014)

Análise Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV: complementando a análise da estrutura física, realizou-se imagens utilizando-se Microscopia Eletrônica de Varredura. As imagens foram bem distintas, destacando-se pontos de alumínio da imagem de lodo ao PAC (Figura 5A) e pontos brilhantes característicos de Potássio no lodo ao Tanino (Figura 5B). Estes metais foram especificados pelas análises qualitativas correspondentes.

Figura 5 – (A) Imagem do lodo ao PAC e; (B) Imagem do lodo ao Tanino no MEV, com aumento de 1000 vezes.



(A) **(B)**

Fonte: Acervo dos autores (2014)

As diferenças de estrutura entre estes e o lodo ao lodo ao Tanino é notória.

Análise Elementar CHNS: Para a análise elementar CHNS, o lodo ao tanino apresentou uma quantidade de Carbono de aproximadamente 14,54%, enquanto que PAC 6,41%. Quanto ao Hidrogênio, o Tanino apresentou aproximadamente 2,44%, não muito diferente dos 2,31% para o PAC.

Estes valores (Tabela 1) são muito importantes para a determinação da "potencialidade" de um material ser ou não gerador de energia. Quanto maior as porcentagens de carbono e hidrogênio, melhor será a sua capacidade de liberar energia (REIS, 2001; NOGUEIRA, 2003; RIEGEL *et al.*, 2008; ROSILLO-CALLE *et al.*, 2008).

O nitrogênio acompanhou as proporções do carbono, sendo encontrados 0,67% para o PAC e 1,37% para o Tanino. Este valor maior é justificado pelo Tanino apresentar em sua estrutura aminas que agregam nitrogênio durante a reação de *Mannich*. Os teores de enxofre que variaram entre 0,22% e 0,25% foram considerados próximos para os dois lodos.

Viletti *et al.* (2012) analisou lodo ao Tanino produzido na ETA do Serviço Municipal de Águas e Esgoto de Novo Hamburgo (COMUSA), localizada na região metropolitana de Porto Alegre/RS, tendo como manancial o Rio dos Sinos considerado altamente poluído. Os valores por eles obtidos foram de 15% para carbono, 2,90% para hidrogênio, 1,62% para nitrogênio e 0,25% para enxofre, próximos ao encontrado deste estudo.

Tabela 1- Resumo das características dos lodos gerados no tratamento de água com diferentes coagulantes primários

Propriedades	Polialumínio cloreto	Tanino
Análise elementar		
C (%)	6,41±0,32	14,54±0,65
H (%)	2,05±0,43	2,44±0,66
N (%)	0,62±0,22	1,37±0,35
S (%)	0,26±0,02	0,22±0,04
Perda ao fogo (%)	30,00±1,25	38,00±0,04
Poder Calorífico Inferior (kJ kg^{-1})	2.633,03±113,40	4.413,15±3,90
(MJ.kg^{-1})	2,63±0,11	4,41±0,004
Poder Calorífico Superior (kJ.kg^{-1})	2.746,50±113,40	4.548,20±3,90
(MJ.kg^{-1})	2,75±0,113	4,55±0,004

C-Carbono; H-Hidrogênio; N-Nitrogênio; S-Enxofre
Fonte: Autoria própria (2018)

Análise de Perda ao Fogo: O lodo ao Tanino foi que apresentou maior perda ao fogo (38%), ou seja, maior quantidade de matéria orgânica, indo de acordo com Mackenzie (2017) que afirma que o percentual de material orgânico presente em lodos de ETA varia entre 20 e 40%. O lodo ao PAC apresentou 30,0%. Valores de perda ao fogo encontrado por Viletti *et al* (2012) para o Tanino foi de 40,5%, um pouco acima do encontrado neste estudo.

Análise de Poder Calorífico Superior (PCS) e Inferior (PCI): O Poder Calorífico Superior fornece resultados com a água presente na forma líquida enquanto que o Inferior a água encontra-se em estado gasoso. Os valores não devem ser relacionados diretamente à geração de energia porque ocorrem muitas perdas durante o processo. Por isto, fórmulas adaptadas são utilizadas para esta determinação.

Da mesma forma que os resultados de CHNS e poder de queima, o lodo ao Tanino apresentou maior valor de PCS com 4,59MJ.kg^{-1}, com-

parado ao do PAC que foi de 2,75MJ.kg^{-1}.

O conjunto de valores obtidos para poderes de queima, CHNS e PCS são primordiais para indicar a possibilidade de utilização de um material como fonte alternativa de energia.

Os poderes caloríficos determinados para os lodos estudados foram de 2,63MJ.kg^{-1}(PCI) e 2,75MJ.kg^{-1}(PCS) para o lodo ao PAC e 4,41MJ.kg^{-1}(PCI) e 4,55MJ.kg^{-1}(PCS) para o Tanino, valores considerados baixos se comparados aos de madeira de descarte de 12,60 MJ.kg^{-1}(PCI) e 13MJ.kg^{-1}(PCS) e para briquetes de bagaço de cana de 14,05MJ.kg^{-1} (PCI) e 14,5MJ.kg^{-1}(PCS) fornecidos por Lee e Santos (2011). Já Almeida (2007, *apud* BORGES, SELLIN, MEDEIROS, 2008) encontrou valores entre 12,5 e 15 MJ/kg de PCS para lodos secos de ETE.

Cálculo da produção de energia elétrica utilizando o lodo como matéria-prima:

A Tabela 2 apresenta dados relativos à quantidade de lodo gerado e o potencial energético da estação de tratamento de água. A ETA possui com vazão média de operação de 140 L.s^{-1}, podendo atingir a vazão máxima de 220 L.s^{-1}. Os valores obtidos na tabela 2 utilizaram a vazão (Q) de 140 L.s^{-1} (média anual).

Tabela 2- Potencial energético mensal gerado com o lodo de ETA São Gabriel

Dados (valores médios)	Polialumínio cloreto	Tanino modificado
Q (m^3.mês^{-1})	362.880,00	362.880,00
Ψ(g/m^3.UNT)	0,96	0,70
LP (kg)	6.688,60	4.574,83
PCI (kJ.kg^{-1})	2.633,03	4.415,00
P (kW.mês^{-1})	4.592,90	6.672,13

Q= vazão; Ψ= Relação entre Sólidos e PAC; LP= lodo produzido; PCI= Poder Calorífico Inferior; P= Potência gerada

Fonte: Autoria própria (2018)

De acordo com os valores obtidos e expostos na Tabela 2, o lodo ao Tanino gerou volumes 31,60% menores de lodo comparado ao lodo ao PAC, mas em contra partida seu potencial de geração de energia foi de 31,16% acima, devendo-se levar em consideração uma interessante troca de tecnologia.

4. CONCLUSÕES

Observando-se os resultados tabelados e discutidos para as comparações entre os lodos obtidos durante o processo de Tratamento de Água para Abastecimento público gerados com dois coagulantes distintos, sendo um inorgânico a base do metal alumínio denominados PAC e outro orgânico a base de Taninos extraídos da casca de *Acacia mearsii*, concluiu-se que ambos possuem condições de gerar energia elétrica, sendo que o lodo ao Tanino forneceu valores 31,16% acima do lodo comparado ao PAC, isto devido a suas características orgânicas, com maior porcentagem de carbono presente, conseqüentemente maior Poder Calorífico Superior e Inferior. Este resultado pode servir como incentivo a troca de tecnologia atual das estações que ainda mantém o alumínio como coagulante chave. Além de evitar o uso do metal alumínio, a redução dos custos com transporte e destinação final do lodo é um destaque, já que este lodo possui características de biossólido, podendo ser utilizado em pastagens e áreas de reflorestamento e áreas degradadas, incorporando ao solo materiais não diferentes dos existentes, como sílica, argilominerais e materiais orgânicos. Concluiu-se que os lodos podem ser utilizados como fonte alternativa de energia e merecem ser amplamente estudados.

REFERÊNCIAS

BORGES, F.; SELLIN, N.; MEDEIROS, S. H. W. Caracterização e avaliação de lodos de efluentes sanitário e Industrial como biomassa na geração de energia. **Ciência & Engenharia**, 17, (1,2), 27–32, 2008.

BRASIL. Decreto 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a

Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 jun. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm. Acesso em: 13 abr. 2016. 2010

BRASIL. Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 jan. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em 13 abr. 2016.

BRASIL. Lei 12.305, de 12 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 13 abr. 2016. (2010b)

ERBR. 2018. ER-BR Recursos Energéticos. Site institucional. Disponível em: <http://www.erbr.com.br>. Acesso em: 14 mar 2018. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2016). **Síntese de Indicadores Sociais Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira 2015**. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95011.pdf. Acesso em 13 abr. 2016.

KIZINIEVIÈ, O.; ÞURAUSKIENË, V.; KIZINIEVIÈ, V.; YAKOVLEV, G.; BUR'YANOV, A. Use of sludge from drinking water purification in the production of effective ceramic articles. **Glassand Ceramics**, 73, 58-61, 2016.

LEE, E. S. H.; SANTOS, F. Caracterização do lodo proveniente de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e estudo sobre seu potencial energético. **In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental.** Londrina, 2011. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/X-001.pdf>. Acesso em 20 de abril de 2014.

MACKENZIE, L. D. **Tratamento de águas para abastecimento e residuárias: princípios e práticas.** Tradução: Sabine A. Holler. Rio de Janeiro: Elsevier: 2017.

MEDEIROS, E. N. M.; SPOSTO, R. M.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R. Incorporação de cinza de lenha, lodo de estação de tratamento de água e cinza de casca de arroz em massa cerâmica. Utilização da técnica de planejamento. **Cerâmica**, 56, 399-404, 2010.

MORAES, B. S. **Utilização de lodos de Estações de Tratamento de Água como fonte alternativa de energia**. 2018. 134 p. Tese (Doutora em Engenharia). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. **Dendroenergias: Fundamentos e Aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

REIS, L. B. **Matrizes energéticas: conceitos e usos em gestão e planejamento.** (Série Sustentabilidade). Barueri: Manole, 2001.

RICHTER, C. **Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

RIEGEL, I; MOURA, A. B. D.; MORISSO, F. D. P.; MELLO, F. S. Análise termogravimétrica da pirólise da Acácia-Negra (*Acaciamearnsii* de Wild) cultivada no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, 32 (3), 533-543. 2008.

ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira**. Campinas: UNICAMP, 2008.

SUKSIRIPATTANAPONG, C.; HORPIBULSUK, S.; CHANPRASERT, P.; SUKMAK, P.; ARULRAJAH, A. Compressive strength development in fly ash geopolymer masonry units manufactured from water treatment sludge. **Construction and Building Materials**, 82, 20–30, 2015.

VANÂCOR, R. N. **Avaliação do coagulante orgânico *Veta Organic* utilizado em uma estação de tratamento de água para abastecimento público.** 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 2005.

VIESSMANNJr, W.; HAMMER, M. J. **Water supply and pollution control.** 6. ed. Addison Wesley Longman: California. 1998.

VILLETTI, P. I. C.; DANDOLINI, I.; MORAES, B. S.;

SCHNEIDER, I. A. H. Caracterização dos lodos gerados em estações de tratamento de água: estudo comparativo entre os coagulantes sulfato de alumínio e tanino. **VIII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**. Porto Alegre. 2012.

WOLFF, E.; SCHWABE, W. K.; CONCEIÇÃO, S. V. Utilization of water treatment plant sludge in structural ceramics. **Journal of Cleaner Production**, 96, 282-289, 2015.

Capítulo 4 - Avaliação de Propriedades Específicas da Envoltória Construtiva para Redução do Fluxo de Calor: implicações para melhorias nos projetos de edificações

Caio Filipe de Lima Munguba[1]
Cristiane Marques de Lima Teixeira[2]
Herenice Moreira Serrano de Andrade[3]
Beatriz Stoll Moraes[4]

RESUMO

O Brasil é um país tropical, com variações bioclimáticas associadas às suas diversas regiões e dinâmicas atmosféricas, todavia, ainda não possui tradição em considerar este aspecto ao projetar e modernizar construções. Mas, em função da crescente necessidade de aliar conforto a eficiência energética em edifícios, os conceitos de construção sustentável e adaptação ao meio encontram-se em plena difusão. Neste contexto, avaliar o consumo e mitigar cargas de refrigeração e aquecimento em

[1] Engenheiro Civil pela Universidade Maurício de Nassau – UNINASSAU. Pós-graduando em Energia Solar e Eólica pela Universidade de Pernambuco – UPE e Gestão de Projetos e Obras pela ESUDA. E-mail: caiofmunguba@hotmail.com.br

[2] Geóloga pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Doutora em Geoquímica, Geocronologia e Estrutural pela Universidade Federal de Pernambuco e Montpellier – França. Professora na área de Geologia na Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – Unifesspa. E-mail: cristiane.marques@unifesspa.edu.br

[3] Engenheira Civil pela Universidade de Pernambuco – UPE. Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Professora do Centro Universitário Maurício de Nassau – UNINASSAU. E-mail: herenice@gmail.com

[4] Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Doutora em Engenharia, ênfase em Tecnologias Ambientais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Professora na área Ambiental no *campus* São Gabriel, da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. E-mail: beatrizmoraes@unipampa.edu.br

edificações tem sido uma necessidade, derivada da dispersão de aparelhos condicionadores, e uma possibilidade a ser explorada por pesquisadores e profissionais. Comparar materiais, incorporar novas tecnologias disponíveis no mercado e harmonizar os projetos com as normas construtivas, têm sido um bom caminho para tornar edificações mais econômicas e sustentáveis. Nesse contexto, esse trabalho pretende explorar a importância de saber a relação entre a tecnologia empregada na envoltória construtiva, e suas implicações no consumo de energia e o conceito de sustentabilidade ambiental aplicada a construção.

Palavras-chave: Desempenho térmico, Eficiência energética, Conforto, Economia.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável, como o caminho para suprir as necessidades atuais, sem comprometer as condições das gerações futuras (WCED, 1987), fomenta cada vez mais pesquisas no setor da construção civil (RABBANI et al., 2013). Onde, geralmente, considera-se sustentável o sistema capaz de alterar o entorno e atender as necessidades humanas, preservando o meio ambiente e os recursos naturais (ARAÚJO et al., 2012). Nesse contexto de adequação, a arquitetura bioclimática, fundamentada em sistemas construtivos amigos do meio ambiente (CORBELLA; YANNAS, 2009), utiliza estratégias combinadas para redução do impacto ambiental de edificações (ADAM, 2001) sob a ideia de adaptação ao meio para a redução da demanda energética (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Os edifícios comerciais correspondem a 17% do gasto energético Brasileiro (EPE, 2018). Para Pérez-lombard et al. (2008), no mundo inteiro, esse número chega a 40% da energia produzida, sendo, conforme Mikai (2018), os maiores consumidores do setor de edificações e uma das grandes fontes emissoras de Gases com efeito de estufa (GEE) na fase de uso e operação. Cientes desse fato, diretrizes como a 2011/31/EU, sobre desempenho energético de edificações, metas como as do

departamento de energia dos Estados Unidos (PACHECO; LAMBERTS, 2013) e o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEF), no Brasil (MME, 2011) convocam à eficiência energética e a diminuição do impacto das cargas nos sistemas energéticos.

As cargas nos imóveis, são normalmente derivadas de aquecimento, refrigeração e iluminação, setores que têm evoluído nos últimos anos (GONÇALVES et al. (2006), enquanto as edificações comuns continuam a possuir concepções antigas e ciclo de vida extremamente poluidor (TABORIANSKI et al., 2008). Como resposta, a arquitetura bioclimática, visando os chamados green-buildings, (DI TRAPANO; BASTOS, 2005), propõe atenção as fachadas para em edificações novas e reduzir passivamente as cargas relacionadas ao conforto térmico. Mas, mesmo para edificações existentes, Jafari e Valentin (2018), reiteram que a análise da envoltória construtiva e a auditoria energética (TORCELLINI et al., 2006) são fundamentais porque deve-se considera-los, inclusive, como os primeiros passos antes da aplicação de renováveis ao edifício, sendo assim, facilitadores da obtenção do balanço de energia zero (BARTHELMES, 2015).

Portanto, compreender a absortância e/ou transmitância dos materiais construtivos, alguns dos fundamentos que envolvem a interação natural da envolvente com o ambiente externo, é fundamental para estimar a performance energética e imprimir maior nível de conforto a projetos ou edificações existentes. O foco deste trabalho é a avaliação das tecnologias conectadas ao subsistema de vedação das edificações, ou seja, à envoltória construtiva, comparando diferentes materiais e seu desempenho térmico e energético através da análise quantitativa do transporte de calor, observando a redução do custo, tendências tecnológicas, meio ambiente e o bem-estar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

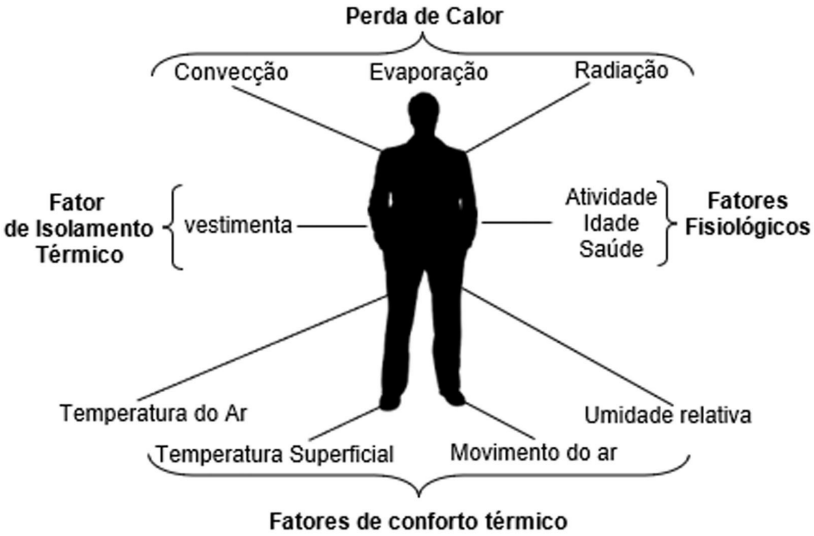
2.1 Conforto térmico

O corpo humano se adapta às condições ambientais através de es-

tratégias de conservação e liberação de calor (FROTA; SCHIFFER, 2001). Destarte, para a *Standard 55-2013,* Norma da *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ANSI/ASHRAE, 2013), há conforto térmico quando o ambiente é julgado satisfatório pela avaliação subjetiva da mente, e ocorre, segundo Oligay (1973), quando o corpo gasta menos energia nesta adaptação.

Esta interação, exposta na Figura 1, segundo ANSI/ASHRAE (2013), é balizada por seis fatores principais: o metabolismo, a vestimenta, as temperaturas de bulbo seco, global e húmido, a temperatura radiante média e a velocidade do ar.

Figura 1 – Interação térmica entre o indivíduo e o ambiente



Fonte: Modificado de Jones (1983)

Além do conforto, a produtividade também pode ser afetada por condições termohigrométricas. Estudo realizado pela Associação Americana de Ventilação (*apud* FROTA; SCHIFFER, 2001) obteve que o aumento da temperatura de 20ºC para 24ºC induz uma redução de 15% no rendimento; já a 30ºC a redução passa a 28%. A norma regulamentadora NR-17, orienta a manutenção da temperatura em

ambientes laborais que exijam solicitação intelectual e atenção constantes entre 20 e 23ºC.

2.2 Ar condicionado e consumo energético

Para Stöecker e Jones (1985), climatização de ambientes está quase sempre associada a conforto e realizada por aparelhos condicionadores de ar. Contudo, Jones (1983) argumenta que condicionamento com refrigeração também está quase sempre associado a elevados custos.

De acordo com Energy Information Administration (EIA), em 2015, nos Estados Unidos, cerca de 87% das residências tinham aparelhos de ar condicionado e mais de 200 bilhões de kWh foram gastos em um ano apenas com climatização (EIA, 2018a), que equivale a cerca de 17% de todo consumo residencial do país (EIA, 2018b).

A pesquisa mais recente que relaciona o consumo e a posse de eletrodomésticos no Brasil, o relatório PPH (Pesquisa de Posses e Hábitos) de 2005, mostra que ainda em pequena quantidade, esses aparelhos representavam cerca de 20% do consumo residencial (PROCEL, 2006), e 47% no setor comercial (PROCEL, 2006). Mais recentemente, em notícia publicada por O Globo (2016), de acordo com Reive Barros, então diretor da ANEEL, o uso de aparelhos de ar condicionado está deslocando o horário de pico de carga no sistema energético nacional das 18h para as 15h.

Todavia, o trabalho dos condicionadores de ar depende da quantidade de calor que há no ambiente. Para Silva (2005), deve-se procurar as fontes de carga térmica, que também vêm do trânsito de calor pelas paredes, teto e piso da edificação, para que se otimize a eficiência do sistema. E no mesmo sentido, Stöecker e Jones (1985) concluíram que mitigar o fluxo de calor em superfícies opacas e a infiltração nos objetos translúcidos é fundamental para tornar o sistema mais econômico.

2.3 A envoltória construtiva e suas tecnologias

O calor flui espontaneamente do corpo de maior para o de menor

temperatura, ocorrendo nas edificações como convecção, condução e irradiação simultaneamente (SILVA, 2005). Grande parte dessa interação ocorre na envoltória que, de acordo com Ordenes, Lamberts e Güths (2008), separa o interior e o exterior da edificação, sendo as paredes, teto, janelas e piso; um filtro para as trocas térmicas. Neste elemento, Stöecker e Jones (1985), a transferência de calor depende do material, da forma, orientação, tamanho e do clima. Assim sendo, os mesmos autores defendem que, considerando o comportamento do material da envolvente, deve-se estimar o necessário para manter determinado nível de conforto ambiental.

O transporte de calor pela envoltória, simplificadamente, pode ser matematicamente expresso pela equação 1, cujo (q), coeficiente global de transmissão, em densidade de fluxo de calor ($q=W/m^2.K$), é condicionado pela transmitância dos materiais ($U=W/m^2.K$) e a diferença de temperatura entre os ambientes separados pelo componente ($\Delta t=^oC$) (CRÉDER, 2004). Se desconsiderados os capacitores térmicos, o ganho de calor é instantâneo (JONES, 1983).

$$q = U.(Text - Tint)q = U.(Text - Tint) \qquad ...(1)$$

Adicionando a radiação solar (Ig) que, conforme Frota e Schiffer (2001), sempre representa certo ganho de calor sobre a construção e a absortância (α), adimensional, que é a fração do fluxo de energia irradiante de comprimento de onda numa faixa estreita que, incidindo numa superfície opaca, é por ela absorvida (DORNELLES; CARAM; SICHIIERI, 2013), destaca-se a equação 2, onde (he) corresponde ao coeficiente de condutância superficial externa (FROTA; SCHIFFER, 2001).

$$q = U.(text + \frac{\alpha Ig}{he} - tint)q = U.(text + \frac{\alpha Ig}{he} - tint) \qquad ...(2)$$

Em divisórias translucidas, Jones (1983, p.164) argumenta que "parte da energia que incide no vidro é refletida e perdida, outra parte é transmitida e parte é absorvida à medida que a energia passa por ele". Portanto, de acordo com Frota e Schiffer (2001), incorpora-se por trans-

parência (τIg) Jones (1983) ainda argumenta que a radiação penetrante não é uma carga imediata, mas provocando o aquecimento das superfícies sólidas internas, há a liberação de calor e de ondas que promovem o efeito estufa. A equação 3 contém a incorporação destes dois fatores.

$$q = Str.Ig + U.(\Delta t)q = Str.Ig + U.(\Delta t) \qquad ...(3)$$

Baseado nos requisitos das equações levantadas, foi elaborado o Quadro 1, apresentando o comportamento de sistemáticas construtivas já difundidas e suas variáveis. (próxima página)

Quadro 1 – Compilação de materiais de construção, seu comportamento e fonte das informações

REVESTIMENTOS DE FACHADA		
MATERIAL	α	FONTE
TINTA REFLEXIVA DE DIVERSAS TECNOLOGIAS	≥ 0,10; ≤0,25	ECCOLUST (2017) NANOTHERMIC (2017) BIOMASSA (2016) WC ISOLAMENTOS (2017)
TINTAS BRANCAS DIVERSAS TECNOLOGIAS	≥ 0,11; ≤0,36	DORNELLES ET AL (2013)
CERÂMICA BRANCA	≥ 0,2; ≤0,3	ANFACER (2016)
TINTAS EM TONS CLAROS COM CORES	≥ 0,21; ≤0,42	DORNELLES ET AL (2013)
CERÂMICA EM BEGE-CINZA CLARO	≥ 0,40; ≤0,5	ANFACER (2016)
TINTAS EM TONS MÉDIOS-ESCUROS COM CORES	≥ 0,49; ≤0,79	DORNELLES ET AL (2013)
CONCRETO APARENTE	≥ 0,65; ≤0,80	ABNT (2005)
TIJOLO APARENTE (CERÂMICA)	≥ 0,65; ≤0,80	ABNT (2005)
CERÂMICA CINZA MÉDIO-ESCURO	≥ 0,6; ≤0,7	ANFACER (2016)
TINTA PRETA	≥ 0,97; ≤0,98	DORNELLES ET AL (2013)
CERÂMICA ESCURA – PRETA ABSOLUTA	≥ 0,8; ≤0,9	ANFACER (2016)
REVESTIMENTO ASFÁLTICO	≥ 0,85; ≤0,98	ABNT (2005)

COBERTAS				
TECNOLOGIA		U	CT	FONTE
AC	LAJE MACIÇA 10 CM SEM TELHAMENTO	3,73	220	INMETRO (2017)
BC	LAJE PRÉ MOLDADA 12 CM (CONCRETO + LAJOTA CERÂMICA 7 CM + ARGAMASSA 1 CM) SEM TELHAMENTO	2,95	167	INMETRO (2017)
CC	FORRO DE GESSO 1 CM + LAJE NERVURADA 22,5 CM ALTURA DA NERVURA, 10 CM LARGURA DA NERVURA + 7,5 CM ESPESSURA DA LÂMINA + DISTÂNCIA ENTRE VÃOS 50 CM + CÂMARA DE AR + CONTRAPISO 2 CM + CERÂMICA 0,75 CM, SEM TELHAMENTO	2,22	278	INMETRO (2017)
DC	TELHADO VEGETADO EXTENSIVO + LAJE MACIÇA 10CM + TERRA ARGILOSA SECA + VEGETAÇÃO	2,18	363	INMETRO (2017)
EC	FORRO DE GESSO + CÂMARA DE AR + TELHA CERÂMICA	1,94	37	INMETRO (2017)
FC	FORRO DE PVC 1 CM + CÂMARA DE AR + TELHA DE FIBROCIMENTO	1,76	16	INMETRO (2017)
GC	LAGE PRÉ MOLDADA 12 CM + CÂMARA DE AR + TELHA METÁLICA + ISOPOR 4 CM + TELHA METÁLICA	0,68	229	INMETRO (2017)

PAREDES				
TECNOLOGIA		U	CT	FONTE
AP	CONCRETO MACIÇO 10 CM SEM REVESTIMENTOS	4,40	240	MORISHITA ET AL (2011)
BP	BLOCO CERÂMICO (14X9X24) SEM REVESTIMENTOS	2,37	56	MORISHITA ET AL (2011)
CP	BLOCO CERÂMICO (9X14X24) + GESSO INTERNO 0,2 CM + ARGAMASSA EXTERNA 2,5 CM	2,59	100	MORISHITA ET AL (2011)
DP	BLOCO CERÂMICO (9X14X24) + ARGAMASSA INTERNA 2,5 CM + ARGAMASSA EXTERNA 2,5 CM	2,43	152	MORISHITA ET AL. (2011)
EP	BLOCO DE CONCRETO (14X19X39) + ARGAMASSA INTERNA 2,5 CM + ARGAMASSA EXTERNA 2,5 CM	2,69	272	MORISHITA ET AL. (2011)
FP	PLACA DE GESSO 1,25 CM + CÂMARA DE AR > 2 CM + PLACA CIMENTÍCIA 1 CM	2,66	26	INMETRO (2017)
HP	BLOCO CERÃMICO (9X14X24) + ARGAMASSA INTERNA 2,5 CM + ARGAMASSA EXTERNA 2,5 CM + CÃMARA DE AR 5 CM + PLACA ACM	0,65	102	INMETRO (2017)

VIDROS				
TECNOLOGIA	E	U	FS	FONTE
TRANSPARENTE SIMPLS	3 MM	5,8	0,83	LAMBERTS ET AL. (2014)
MONOLÍTICO	6 MM	≥3,13; ≤5,792	≥ 0,16; ≤0,69	CB3E/ABVIDRO (2015)
LAMINADO COM INCOLOR	8 MM	≥ 5,67; ≤5,70	≥ 0,27; ≤0,60	CB3E/ABVIDRO (2015)

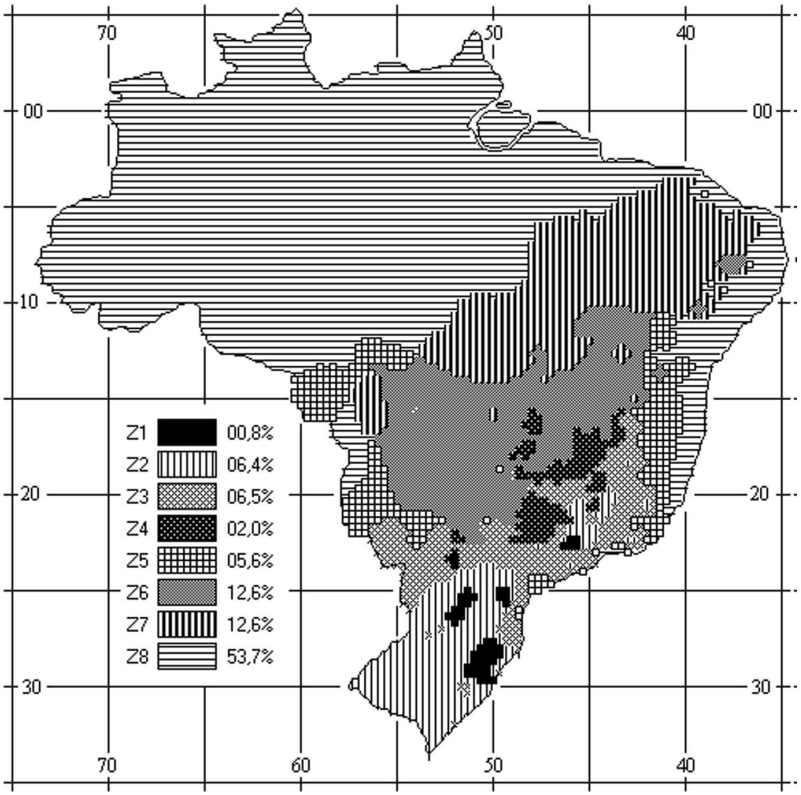
Fonte: Autoria própria

2.4 Aspectos gerais de normatização

As normas brasileiras ABNT NBR 15.220/2005 (desempenho térmico em edificações) e 15.575/2013 (edificações habitacionais – desempenho), definem a performance termal para edificações no Brasil. De forma que (ABNT-NBR 15.575/2013) a habitação deve possuir características que atendam às exigências de desempenho balizadas pela zona bioclimática definida na ABNT-NBR 15.220/2005.

A zona bioclimática parte do conceito de que a construção mais eficiente está melhor adaptada ao meio. Neste sentido, a ABNT-NBR 15.220/2005, conforme Figura 2, divide o Brasil em oito zonas de clima relativamente homogêneo e oferece recomendações construtivas de acordo com cada uma delas.

Figura 2 – Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: ABNT (2005, p.3)

A norma ABNT-NBR 15.575/2013, como parte da iniciativa de aumentar o nível de performance das edificações nacionais, traz os valores limites e a classificação de desempenho da envolvente quanto a Transmitância (U) e capacidade térmica (CT), limites com relação a absortância da face externa com relação a zona bioclimática, conforme Quadro 2. Não há requisito para divisórias translucidas.

Quadro 2 – Transmitância e capacidade térmica da envolvente

<table>
<tr><td colspan="5">PAREDES</td></tr>
<tr><td colspan="5">TRANSMITÂNCIA TÉRMICA U W/M².K</td></tr>
<tr><td>ZONAS 1 E 2</td><td colspan="4">ZONAS 3, 4, 5, 6, 7 E 8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">U ≤ 2,5</td><td colspan="2">α ≤ 0,6</td><td colspan="2">α ≥ 0,6</td></tr>
<tr><td colspan="2">U ≤ 3,7</td><td colspan="2">U ≤ 2,5</td></tr>
<tr><td colspan="5">(α) É A ABSORTÂNCIA A RADIAÇÃO SOLAR DA SUPERFÍCIE EXTERNA DA PAREDE.</td></tr>
<tr><td colspan="5">CAPACIDADE TÉRMICA (CT) KJ / M².K</td></tr>
<tr><td colspan="2">ZONA 1, 2, 3, 4, 5, 6 E 7</td><td colspan="3">ZONA 8</td></tr>
<tr><td colspan="2">CT ≥ 130</td><td colspan="3">SEM EXIGÊNCIA</td></tr>
<tr><td colspan="5">COBERTAS</td></tr>
<tr><td colspan="5">TRANSMITÂNCIA TÉRMICA (U) W/M².K</td></tr>
<tr><td>ZONAS 1 E 2</td><td colspan="2">ZONAS 3 A 6</td><td colspan="2">ZONAS 7 E 8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">U ≤ 2,3</td><td>α ≤ 0,6</td><td>α ≥ 0,6</td><td>α ≤ 0,4</td><td>α ≥ 0,4</td></tr>
<tr><td>U ≤ 2,3</td><td>U ≤ 1,5</td><td>U ≤ 2,3 FV</td><td>U ≤ 1,5 FV</td></tr>
<tr><td colspan="5">(α) É A ABSORTÂNCIA À RADIAÇÃO SOLAR DA SUPERFÍCIE EXTERNA DA COBERTURA.
NOTA: O FATOR DE VENTILAÇÃO (FV) É ESTABELECIDO NA ABNT NBR 15.220-2.</td></tr>
</table>

Fonte: Autoria própria com base em dados de ABNT-NBR 15.575/2013

Convém lembrar ainda que o Código de Defesa do Consumidor tornou compulsório, através do artigo 39, inciso VIII o uso da norma da ABNT, vedando ao fornecedor disponibilizar em mercado produto em desacordo com a norma vigente. Se comprovado o descumprimento da norma pode acarretar ainda em sanções civis e penais (BRASIL, 1990).

2.5 Método Graus-Dia

O método graus-dia é uma ferramenta simplificada de avaliação do desempenho da envolvente e medição de seu consumo energético para aquecimento e refrigeração (CIBSE, 2006). Sendo adequado, se consideradas entre as limitações, que a eficiência do condicionador e seu uso são constantes (ANSI/ASHRAE, 2013). O método baseia-se no CDD (Coeficiente de Graus-Dia), Equação 4, que segundo Pasa e Braghini Júnior (2010), é definido como número de graus-dia para resfriamento,

que é o somatório anual da diferença da temperatura acima da temperatura de base Goulart, Lamberts e Firmino (1998).

$$CDD = \sum(Tméd - Tb)CDD = \sum(Tméd - Tb) \qquad ...(4)$$

Para esta comparação, adotou-se a cidade de Recife (Quadro 3), situada na zona bioclimática 8, com os dados obtidos no quadro 2, cujos valores de graus-dia de aquecimento são nulos (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998).

Quadro 3 – Valor CDD temperatura de 24ºC em Recife

TEMPERATURA DE BASE	24ºC
CDD	734,8

Fonte: Goulart *et al.* (1998, p.206)

Com o valor do CDD, incorporando o coeficiente global de perda de calor (L), pode ser calculada a demanda anual de energia. Na equação 5, (U) corresponde a consideração global de transferência de calor da edificação, (A), a área dos ambientes, (I) a taxa de troca de ar, que será adotada de 1 troca/hora, (V) o volume da edificação e (δ.Cp), a capacidade térmica volumétrica do ar (PASA et al., 2010), que será adotada de 1,2 kJ/m³. K (DURMAYAZ; KADIOGLU; SEN, 2000). Adotar-se-á ainda (U piso) de 0,12 (DURMAYAZ; KADIOGLU; SEN, 2000).

$$L = \sum(U.A) + I.(\delta.Cp).\frac{V}{3,6} \; L = \sum(U.A) + I.(\delta.Cp).\frac{V}{3,6} \qquad ...(5)$$

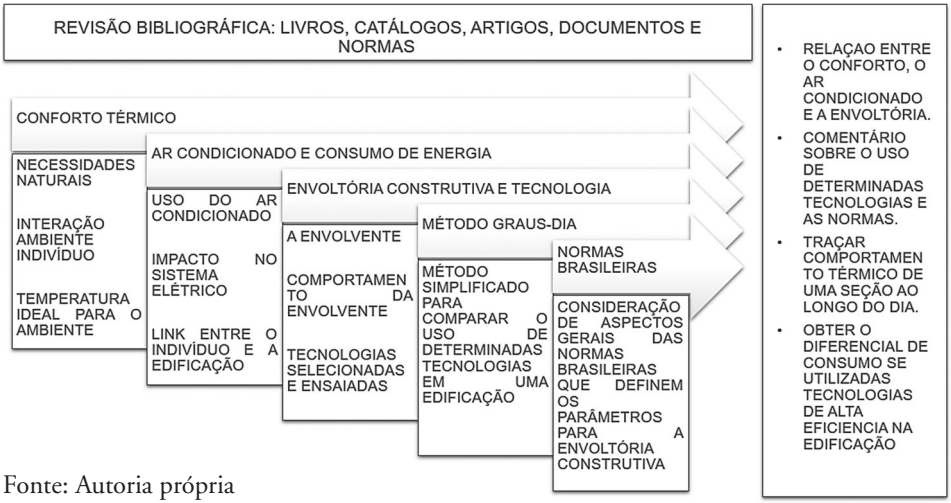
O consumo (Qc), dado pela Equação 6, é expresso em kWh/ano.

$$Qc = CDD.L.\frac{24}{1000} Qc = CDD.L.\frac{24}{1000} \qquad ...(6)$$

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Abordando de forma geral o tema discutido, compilou-se os dados a partir de um amplo banco de informações físico e virtual de diferentes categorias. As bases de pesquisa e a estrutura estão discriminados na Figura 3.

Figura 3 – Estrutura da pesquisa e algoritmo do trabalho



Fonte: Autoria própria

Com estes dados, pôde-se relacionar o conforto do indivíduo com o comportamento da envoltória. As Equações 2 e 3 permitiram obter o ganho de calor virtual (q), cuja unidade permite fazer o link com a carga térmica da edificação e observar o comportamento do fluxo de calor ao longo de um dia. Neste ponto, adotou-se (α) em paridade com a superfície externa, para cobertas e as sistemáticas (BP e HP) de paredes, e (α) de 0,5 (adimensional) para demais paredes. Obteve-se a influência do (α), adotando-se 0,20 (adimensional) para mais eficiente e 0,80 (adimensional) para menos eficiente. Os dados climáticos, para Recife-Pe, latitude 08º Sul, valores de insolação para plano horizontal e parede sul estão no Quadro 4 e os dados de temperatura externa, dia típico gerado para o mês de dezembro de 2017, no Quadro 5. Considerou-se a temperatura interior do recinto de 24ºC constantes.

Quadro 4 – Radiação solar incidente em planos verticais e horizontais para o dia 22 de dezembro na latitude 8º sul

Horiz	0	0	0	0	0	30	214	484	730	930	1062	1103	1062	930	730	484	214	30	0	0	0	0	0
P sul	0	0	0	0	0	59	220	301	331	336	332	327	332	336	331	301	220	59	0	0	0	0	0
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Fonte: Frota e Schiffer (2001, p. 211)

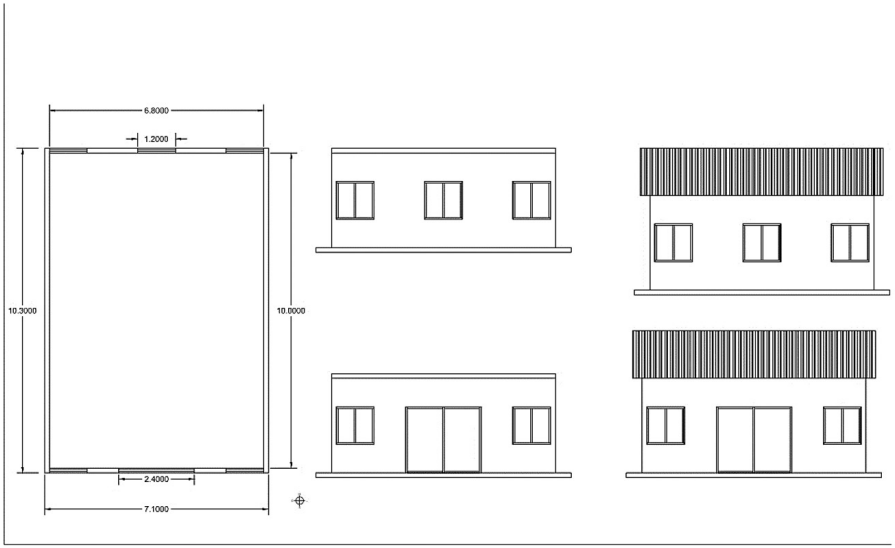
Quadro 5 – Dia típico gerado para o mês de dezembro de 2017

26,1	25,98	25,81	25,45	25,05	24,51	24,06	23,8	23,55	25,14	27,79	29,26	30,13	31,005	31,16	31,42	31,05	30,77	29,81	28,84	27,49	26,805	26,54	26,43
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Fonte: Autoria própria com base em dados do INMET (2018)

De forma complementar, com o método graus-dia estimou-se a diferença de consumo derivado das tecnologias utilizadas. A edificação proposta, representada com duas cobertas diferentes, é fictícia e sem distinção de uso, apenas para os fins deste cálculo. Os parâmetros utilizados estão na Figura 4 e Quadro 6.

Figura 4 – Plantas de arquitetura do imóvel idealizado para a comparação



Fonte: Autoria própria

Quadro 6 – Discriminação das configurações da envolvente do imóvel idealizado para os cálculos

IDENTIFICAÇÃO		UNIDADE	VALOR
AMBIENTE	ÁREA ÚTIL	M²	68
ÁREAS DE PAREDES EXTERNAS DO AMBIENTE	NORTE	M²	16,8
	SUL	M²	12,24
	LESTE	M²	30
	OESTE	M²	30
ÁREAS DE ABERTURAS EXTERNAS	NORTE	M²	4,32
	SUL	M²	8,16
	LESTE	M²	0
	OESTE	M²	0
CARACTERISTICAS DAS ABERTURAS	FATOR DE VENTILAÇÃO	ADIMENSIONAL	0
CARACTERÍSTICAS GERAIS	ÁREA DAS PAREDES INTERNAS	M²	0
	PÉ DIREITO	M	3
IMÓVEL	VOLUME	M³	204

Fonte: Autoria própria

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O uso de condicionadores de ar impacta significativamente na performance energética de um imóvel e sua disseminação tem influenciado o comportamento do sistema elétrico nacional. Se consideradas fontes de energia não renováveis, este acréscimo de carga colabora com o aumento da emissão de gases poluentes, na contramão dos recentes esforços em busca da sustentabilidade ambiental. Convém lembrar ainda que desconsiderando a climatização, o desempenho térmico da envoltória também define a temperatura interna da edificação, e que grandes variações ao longo do dia ou excessivo calor ou frio, podem gerar ambientes de habitação ou trabalho inapropriados ou insalubres, tendo efeito direto sobre a saúde dos habitantes ou trabalhadores.

Como resposta, melhorar a performance térmica das edificações resultou em normas que estabelecem critérios de escolha para materiais da envoltória. Os dados levantados no Quadro 1, embora evidenciem a falta de cultura de ensaios térmicos, dado ao pequeno número de fontes e a falta de variedade, mostra valores de (U), (CT) e (α) bastante variados. Confrontando as tecnologias selecionadas com os requisitos mostrados no Quadro 3, obteve-se o Quadro 7.

Quadro 7 – Comparação entre os ensaios e os critérios básicos da norma ABNT-NBR 15.575.

TECNOLOGIA	COBERTAS							
	ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7	ZB8
AC	N	N	N	N	N	N	N	N
BC	N	N	N	N	N	N	N	N
CC	S	S	C1	C1	C1	C1	C2	C2
DC	S	S	C1	C1	C1	C1	C2	C2
EC	S	S	C1	C1	C1	C1	C2	C2
FC	S	S	C1	C1	C1	C1	C2	C2
GC	S	S	S	S	S	S	S	S
N: NÃO ATENDE SOB NENHUMA CONDIÇÃO.								
S: ATENDE A TODAS AS CONDIÇÕES.								
C1: ATENDE SE (α) MENOR OU IGUAL A 0,6. C2: ATENDE SE (α) MENOR OU IGUAL A 0,4.								

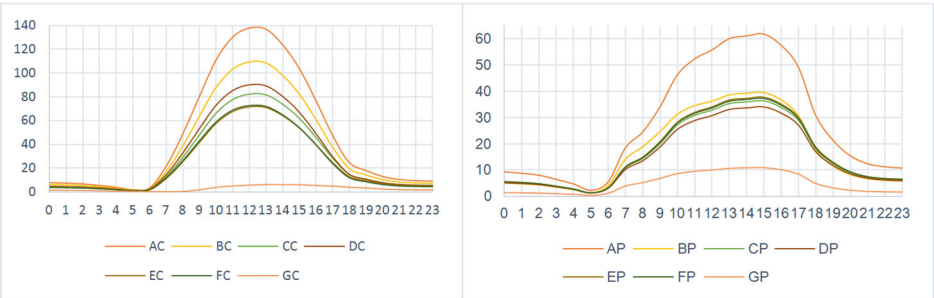
TECNOLOGIA	PAREDES															
	CRITÉRIO DE TRANSMITÂNCIA								CRITÉRIO DE CAPACIDADE TÉRMICA							
	ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7	ZB8	ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7	ZB8
HP	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	F
AP	N	N	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	F
BP	S	S	S	S	S	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	F
CP	N	N	C	C	C	C	C	C	N	N	N	N	N	N	N	F
DP	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	F
EP	N	N	C	C	C	C	C	C	S	S	S	S	S	S	S	F
FP	N	N	C	C	C	C	C	C	N	N	N	N	N	N	N	F
F: Sem exigência																
N: Não atende sob nenhuma condição.																
S: Atende a todas as condições.																
C: Atende se α menor ou igual a 0,6.																

Fonte: Autoria própria

Obviamente, nem todas as tecnologias são aptas a utilização em todo território nacional, portanto, é imperativo compatibilizar o projeto com a norma sob risco de desconforme, sofrer as penalidades previstas no código de defesa do consumidor.

Obstante a norma, o fluxo de calor varia grandemente em função de (U), (CT) e (α). Calculando (q) para cada hora do dia, obteve-se a variação disponível na Figura 5. Para as sistemáticas de maior (U), obviamente, há maior infiltração de calor, provando-se mais uma vez, menos eficientes.

Figura 5 – Gráfico da variação de (q) em (W.m²) por hora para cobertas, a esquerda e paredes, a direita



Fonte: Autoria própria

O fluxo de calor para o interior do recinto é contínuo se estabelecemos a temperatura interna como constante e inferior à exterior. Mas aumentando a temperatura e a radiação solar incidente sobre a superfície, aumenta-se a carga térmica e consequentemente, o esforço dos condicionadores de ar.

Nas cobertas, a esquerda, a tecnologia (GC), destoante, demonstrou excelente desempenho neste quesito, sendo insensível as variações de temperatura externa e radiação solar, o que se justifica, em parte, devido ao isolante entre as camadas de metal das telhas. A adoção de telhado vegetável, em (DC), de acordo com os dados do ensaio, tem comportamento mediano, bastante próximo a (CC), amplamente utilizada em edifícios de concreto armado. Observa-se também que em telhados, pouco influi se as telhas são de fibrocimento ou cerâmicas ou se o forro é de gesso ou de PVC. Os valores mais altos foram obtidos em peças de concreto não sombreadas, expostas e em cor natural, o que significa que incorporar uma pintura de cor clara ou telhado podem ter efeitos positivos.

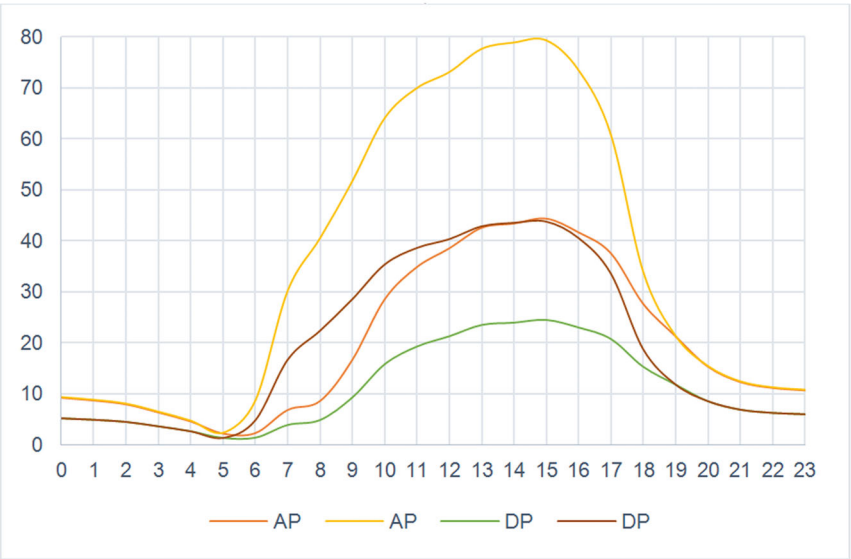
As paredes, a direita, demonstraram comportamento semelhante. A solução (GP) demonstrou que a fachada ventilada tem boa capacidade de filtrar a infiltração de calor, permitindo um fluxo quase cinco vezes menor que a tecnologia de maior (U). A grande quantidade de sistemas com comportamento parecido demonstra que não há grande influência se utilizados blocos de concreto ou cerâmicos, ou se o revestimento interno é em gesso ou argamassa. Todavia, mais uma vez, a peça de concreto maciço obteve a mais alta infiltração de calor.

Convém afirmar ainda que a infiltração de calor, para ambos os casos, é amortizada pela capacidade térmica, que definirá a velocidade com que o fluxo penetra, aquece, e vai da superfície externa para a interna da edificação. Não desqualifica, todavia, a análise primária da influência da transmitância. Porém, para maior acurácia, deve-se considerar o uso de simulações computacionais que incorporem a CT e o fluxo de ar dentro e fora da edificação.

Caso isolados (U) e (CT), é possível variar (α) e compará-la. A Figura 6, de forma semelhante, obtém (q) quando (α) é mais e menos

eficiente. Obviamente, há maior infiltração de calor quando (α) é mais alto, isto é, utiliza-se revestimento mais escuro.

Figura 6 – Gráfico da variação de (q) em (W.m²) por hora em função de (α)

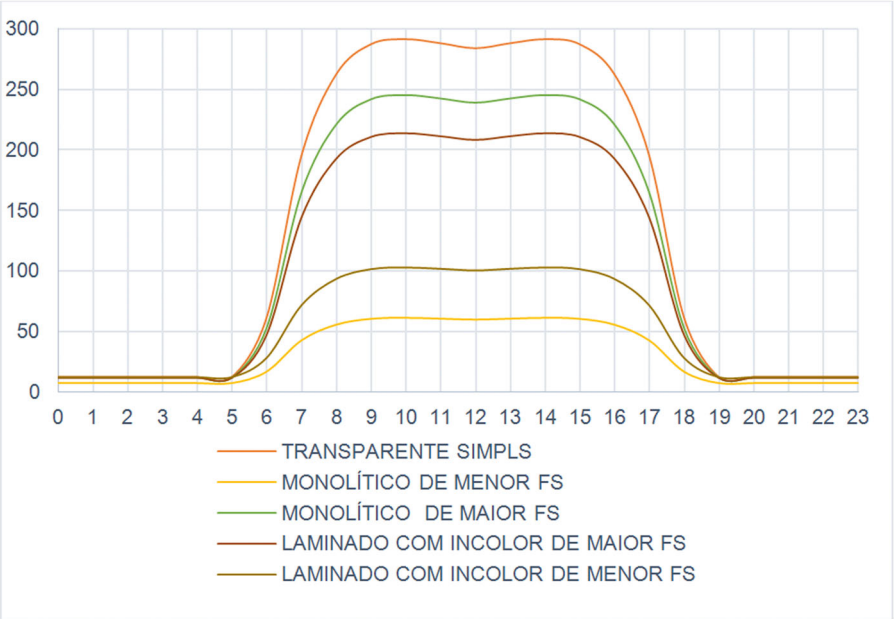


Fonte: Autoria própria

A tecnologia menos eficiente para revestimento dentre as selecionadas, (AP) clarifica a influência do revestimento externo no comportamento da edificação, sendo o pico de infiltração duas vezes mais alto quando utilizado material de absortância quatro vezes maior. Com (α) mais eficiente, o resultado foi propositadamente próximo a tecnologia (DP) com revestimento menos eficiente. Com isso, obtém-se também que o casamento entre o revestimento e a tecnologia de vedação deve ser estudado no instante da compatibilização do projeto. Utilizar revestimentos de baixa absortância tem clara e importante influencia no fluxo de calor para o interior da edificação. Embora adotado (α) e (U) bastante baixos em (DP), ainda não foi possível alcançar o desempenho obtido com (GP).

Nos vidros, cujo desempenho é descrito pela Equação 3, há comportamento ligeiramente diferente, conforme exposto na Figura 7.

Figura 7 – Gráfico da variação de (q) em (W.m²) por hora para vidros



Fonte: Autoria própria

A infiltração de calor é muito maior que nas cobertas e paredes. O comportamento é substancialmente influenciado pela radiação solar, sendo o fluxo modificado significativamente mais rápido em função da variação da radiação incidente. O vidro transparente simples, conforme esperado, é o menos eficiente. Todavia, o vidro especial monolítico de maior (FS) entre os disponíveis no catálogo possui comportamento bastante próximo, assim como o chamado laminado com incolor de maior (FS). Obtém-se, portanto, que obstante a transmitância, o (FS) influi substancialmente. Convém observar que além da tecnologia, deve-se avaliar o (FS) do vidro quando se espera obter determinado comportamento.

Mas diante das multifaces da infiltração de calor através do vidro, deve-se avaliar seu desempenho relacionando-os com a infiltração e a natureza da luz penetrante no recinto em função das cargas de iluminação. Recomenda-se ainda simular o desempenho do imóvel em programa computacional que possa considerar todas essas variáveis, além do

efeito estufa e da reflexão nas superfícies internas iluminadas.

Simplificadamente, executando o método Graus-Dia para obtenção do consumo para climatização em função do comportamento da envoltória, obteve-se que quando se usa as tecnologias (GC), (HP) e vidros de menor (U), o consumo estimado é da ordem de 2.625 kWh/ano, enquanto que com (AC), (AP) e vidro de maior (U), o consumo estimado é da ordem de 13.800 kWh/ano, quase seis vezes maior. Prova-se mais uma vez a necessidade de atentar-se a estes parâmetros, que conforme já comentado nos tópicos anteriores, influi na mitigação do consumo de energia com climatização de ambientes.

5. CONCLUSÕES

Avaliar propriedades específicas da envoltória construtiva para redução do fluxo de calor tem implicações na melhoria da qualidade de vida. As normas nacionais tornaram imperativo a harmonização entre a edificação e o contexto geográfico por meio da equalização dos materiais para atingir a conformidade com as mesmas, e por seguinte, com a legislação de proteção ao consumidor. Assim, utilizar materiais corretos nas cobertas e fachadas trarão condições melhores de habitabilidade, uso e segurança jurídica aos responsáveis pelo projeto e construção.

Os métodos simplificados de estimação do fluxo de calor e obtenção do consumo evidenciaram, mais uma vez, que há uma relação direta, já anteriormente provada, entre o corpo da edificação e seu desempenho energético, que possui efeitos imediatos tanto financeiramente quanto no bem-estar dos usuários. Em concordância com as novas tendências de construções sustentáveis, deve-se considerar a avaliação térmica da edificação, ainda no estágio do projeto, por meio de softwares para mitigar as falhas e majorar a eficiência de todo o sistema.

Para redução da pegada de carbono em edificações e promoção da sustentabilidade ambiental, buscar a combinação ideal entre as diversas tecnologias disponíveis no comércio e as avaliar de forma holística, para tornar o projeto eficiente energética e economicamente, representa uma boa prática também para a disseminação e exploração de novas solu-

ções. Portanto, criação de novos materiais, redução de custos e incremento ao subsídio técnico para aplicar novas tecnologias e pesquisas junto ao mercado, que visem solucionar a falta de tradição, devem ser incentivadas para atualização da cultura construtiva e promover a redução do impacto ambiental já no domínio do projeto da construção.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220,** Desempenho térmico de edificações, Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575,** Edificações, Rio de Janeiro, 2013.

ADAM, R. S. **Princípios do ecoedifício:** Interação entre ecologia, consciência e edifício, São Paulo, 2001.

ANFACER. **Manual Setorial Orientativo para Atendimento à Norma de Desempenho ABNT NBR 15575:2013,** Disponível em: <http://manualdesempenho.anfacer.org.br/>. Acesso em: 22 mai. 2017.

ANSI/ASHRAE. **Standard 55-2013,** Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta, 2013.

ARAÚJO A.G; GUSMÃO A.D; RABANNI K.E.R; FUCALE S. **Mapping of noise impact provoked by the execution of foundation piles at high building sites,** Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/278102764_Mapping_of_noise_impact_provoked_by_the_execution_of_foundation_piles_at_high_rise_building_sites>. Acesso em: 12 out. 2017.

BARTHELMES, V. M. et al. **Design and construction of a ZEB in Piedmont region, north Italy,** Procedia, 2015.

BIOMASSA. **Biotherm,** Disponível em: <http://www.biomassadobrasil.com.br/produtos/biotherm/>. Acesso em: 05 ago. 2017.

BRASIL. **Código de defesa do consumidor,** Lei 8.078 de 11/09/90, Brasília, Diário Oficial da União, 1990.

BUILDSPUMA. **XPS buildespuma,** Disponível em: <http://www.buildspuma.com.br/www/index.php?r=pagina/show&id=33>. Acesso em: 05 ago. 2017.

CB3E/, ABIVIDRO. **Catálogo de propriedades térmicas e óticas de vidros comercializados no brasil,** Florianópolis, 2015.

CIBSE. **Degree-days:** Theory and application, Londres, CIBSE, 2006.

CORBELLA; YANNAS. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos,** Rio de Janeiro, Revan, 2009.

CRÉDER, H. **Instalações de ar condicionado,** LTC. Rio de Janeiro. 2004.

DI TRAPANO, P.; BASTOS, L. E. G. **As novas formas do seculo XXI,** Um estudo aplicado à arquitetura bioclimática, PROARQ, 2005.

DORNELLES, K. A; CARAM R.M; SICHIERI E.P. **Absortância solar e desempenho térmico de tintas frias para uso no envelope construtivo,** Brasília, 2013.

DURMAYAZ A; KADIOGLU M; SEN Z. A**n application of the degree-hours method to estimate the residential heating energy requirement and fuel consumption in Istanbul,** Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544200000402>. Acesso em: 17 dez. 2017.

ECCOLUST. **Eccocolor,** Disponível em: <http://www.eccolust.com.br/eccocolor.php>. Acesso em: 02 fev. 2017.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço energético nacional 2018:** Relatório síntese ano base 2017, Disponível em: < http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf>. Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

FROTA A., SCHIFFER S. **Manual de conforto térmico,** 5º ed, São Paulo, Studio Nobel, 2001.

GLOBO. **Aneel constata alteração em horário de pico de energia no país,** Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/aneel-constata-alteracao-em-horario-de-pico-de-energia-no-pais-15103391>. Acesso em: 12/08/2018.

GOULART S; LAMBERTS R; Firmino S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras,** 2. ed, Florianópolis, 1998.

INMET. **Consulta de dados de estação automática:** Recife, Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/ p g _ d s p D a d o s C odigo_sim.php?QTMwMQ>. Acesso em: 12/08/2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA. **Anexo da portaria Inmetro nº50/2013,** Anexo geral V – Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros, 2017.

JAFARI, A.; VALENTIN, V. **Selection of optimization objectives for decision-making in building energy retrofits,** Building and Environment, 2018.

JONES W. P. **Engenharia de ar condicionado,** Campus, Rio de janeiro, 1983.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura,** 3. ed, Rio de Janeiro, 2014.

Martin Ordenes; Roberto Lamberts; SauloGüths. **Transferência de Calor na Envolvente da Edificação,** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC/UFSC, Florianópolis, março de 2008.

MIKAI, M. **Retrofit, oportunidade para a sustentabilidade,** Disponível em:<https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/retrofit-oportunidade-para-a-sustentabilidade_2247_0_1>. Acesso em: 02 de janeiro de 2019.

MME-MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Eficiência Energética, Premissas e Diretrizes básicas,** MME-Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2011.

MORISHITA C. et al. **Catálogo de propriedades térmicas de paredes e coberturas** (v.5), 2011.

MTE. **Norma regulamentadora 17** - Ergonomia, Brasil, 2007.

NANOTHERMIC. **Tinta nanothermic,** Disponível em: <http://www.nanothermic1.com.br/sobre-tinta-termica-nanothermic1.html>. Acesso em: 06 jun. 2017.

OLIGAY. **Conforto Térmico** – O que significa e qual a sua importância, Disponível em <http://www.jrrio.com.br/construcao-sustentavel/

pb-conforto-termico.html>. Acesso em: 15 jan. 2017.

PACHECO, M.; LAMBERTS, R. **Assessment of technical and economic viability for largescale conversion of single-family residential buildings into zero energy buildings in Brazil:** Climatic and cultural considerations, Energy Policy, 2013.

PASA C.C.M.U; PASA L.A; BRAGHINI JUNIOR A. **Avaliação da eficiência energética em edificações e sua relação com os materiais construtivos empregados,** Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/873>. Acesso em: 17 dez. 2017.

PÉREZ-LOMBARD, L.; ORTIZ, J.; POUT, C. **A review on buildings energy consumption Information,** Energy and Buildings, 2008.

PORTÁSIO, J. M. **Manual prático de refrigeração,** Doméstica, comercial e para automóveis, 3. ed, Aurora, Rio de janeiro, 1990.

PROCEL. **Avaliação do Mercado de eficiência energética no Brasil,** sumário executivo, ano base 2005, PROCEL, 2006.

RABBANI et al. **Segurança do trabalho no contexto da construção sustentável,** uma visão geral, Edupe, Recife, 2013.

SILVA M. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial,** Centrais elétricas brasileiras, 2005.

STOECKER W; JONES J. **Refrigeração e ar condicionado,** 2. ed, São Paulo, McGraw Hill do Brasil, 1985.

TABORIANSKI, V. M.; SIMONI, R. A.; PRADO, R. T. A. **Elaboração de inventário de consumo de energia no ciclo de vida dos materiais utilizados em fachadas de edifícios no Brasil,** XII ENATEC, Fortaleza, 2008.

TORCELLINI, P. et al. **Zero Energy Buildings:** A Critical Look at the Definition, National Renewable Energy Laboratory, 2006.

TRISOFT. **Wall soluções integradas.** Disponível em: <https://www.trisoft.com.br/portfolio/wall/>. Acesso em: 05 out. 2017.

U.S. EIA – U.S. Energy Information Administration. **Annual household site end use consumption in the U.S** — totals and averages, 2015. Disponível em: <https://www.eia.gov/consumption/residential/data/2015/c&e/pdf/ce3.1.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2018.

U.S. EIA – U.S. Energy Information Administration. **Residential energy consumption survey RECS,** Disponível em: <https://www.eia.gov/consumption/residential/data/2015/hc/php/hc7.1.php>. Acesso em: 22 ago. 2018a.

U.S. EIA – U.S. Energy Information Administration. **Today in energy,** Disponível em: <https://www.eia.gov/todayinenergy/ d e t a i l . p h p ? i d = 3 6 4 1 2 & s r c = ‹ % 2 0 C o n s u m p t i o n % 2 0 % 2 0 % 2 0 % 2 0 % 2 0 R e s i d e n t i a l % 2 0 E n e r g y % 2 0 Consumption%20Survey%20(RECS)-b1>. Acesso em: 22 ago. 2018b.

URBIM PASA, C. C. M., BRAGHINI JUNIOR, a. **Aplicação do método graus-dia para avaliação do desempenho energético de edificações unifamiliares. Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente,** XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, São Carlos, SP, Brasil, outubro de 2010.

WC ISOLAMENTOS TÉRMICOS. **Tinta térmica,** Disponível em: <http://www.wcisolamentotermico.com.br/tinta-termica/>. Acesso em: 10 abr. 2017.

WCDED – WORLD COMMISION OF ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future,** The Brundtland report, Melbourne, WCED, 1987.

Capítulo 5 - Adoção de Práticas Sustentáveis no Setor da Construção Civil: um estudo de caso em uma instituição financeira em Dourados/MS

Thais Jui Iwassa[1]
Jane Corrêa Alves Mendonça[2]
Eduardo Luis Casarotto[3]
Vera Luci de Almeida[4]

RESUMO

As atividades realizadas no setor da construção civil causam impactos ambientais significativos e, com isso, surge a necessidade de alternativas para melhorar o desempenho ambiental das construções civis. Devido a tal necessidade, o conceito de *Green Building* tem ganhado notoriedade no Brasil. O presente trabalho teve como objetivo analisar o nível de percepção em relação ao desempenho das atividades sustentáveis em uma construção localizada na cidade de Dourados, Mato Grosso do Sul, de forma a identificar as dificuldades no processo de implementação de atividades sustentáveis em edificações, além de verificar quais atividades sustentáveis foram implantadas na construção estudada. Para alcançar os objetivos propostos no estudo de caso, foi rea-

[1] Bacharelado em Administração pela Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. E-mail: thais_jui@hotmail.com.
[2] Doutorado em Administração pela Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, Professora Adjunta da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Contato: janemendonca@ufgd.edu.br.
[3] Doutorando em Administração - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul-UFMS, Professor Assistente no curso de Administração da FACE/UFGD no curso de Administração da FACE/UFGD, Brasil. Contato: eduardocasarotto@ufgd.edu.br.
[4] Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento, pela Universidade Federal de Santa Catarina (2009). Professora adjunta da Universidade Federal da Grande Dourados. Contato: veraalmeida@ufgd.edu.br.

lizada uma pesquisa descritiva e exploratória. A coleta de dados foi realizada através do uso de questionário padronizado, com questões objetivas sobre o tema, o qual foi enviado para os responsáveis pela construção. Observou-se que o empreendimento possui algumas práticas de construção sustentável, no entanto, não atendeu adequadamente aos outros fatores pesquisados. Os resultados mostram que a empresa obteve retorno pouco significativo em relação às práticas já adotadas na construção.

Palavras-Chave: *Green Building*; Desenvolvimento Sustentável; Certificação Ambiental de Edifícios; Operações.

1. INTRODUÇÃO

Comportamentos e hábitos sociais caracterizados pelo desperdício tornaram-se mais frequentes devido ao modelo de produção capitalista. Para obter vantagens competitivas e conquistar longevidade no mercado, iniciativas como a incorporação de sustentabilidade na gestão estão sendo cada vez mais utilizadas pelas empresas (DALÉ; ROLDAN; HANSEN, 2011).

Uma das atividades que causam impactos significativos no meio ambiente é a construção civil, principalmente em relação às fases de construção, operação e demolição de edifícios, e é devido a estes fatores que cada vez mais pesquisas são realizadas a fim de reduzir tais impactos (RODRIGUES et al., 2010).

Uma maneira de reduzir os impactos da construção civil no meio ambiente, são as *Green Buildings*, ou em português, construção verde. *Green Building* é um conceito que começa com o entendimento de que a construção tem profundos efeitos, tanto positivos quanto negativos no meio ambiente, assim como nas pessoas que nele habitam (KRISS, 2014). O conceito transcende a sustentabilidade ambiental para enfatizar a sustentabilidade econômica e social, agregando valor à qualidade de vida dos indivíduos e das comunidades (BRASIL, 2017).

A partir do interesse em otimizar a utilização dos recursos naturais,

foram criados conceitos que devem ser considerados em todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento, que começa na fase de planejamento e continua nas fases seguintes, como o projeto, a construção, a operação e o comissionamento (RODRIGUES et al., 2010). Uma alternativa encontrada foram as certificações ambientais em edificações.

No mercado brasileiro existem dois principais métodos de certificação ambiental de empreendimentos: o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) cuja primeira certificação nacional ocorreu em 2007, tal certificação, foi elaborada pelo *United States Green Building Council* no ano de 1999 e desde então tem ajudado profissionais a melhorar a qualidade das construções e seus impactos no ambiente (USBC, 2005); outra certificação utilizada nacionalmente é o AQUA, lançada em abril de 2008, sendo uma adaptação do método francês *Haute Qualité Environnementale* – HQE (PARDINI, 2009).

No entanto, grande parte dos aspectos julgados pelas certificações tem base em normas e práticas internacionais, que levam em consideração a cultura local, suas restrições legais e adesão aos protocolos globais, que definem as prioridades e que podem formar um cenário próximo ao brasileiro, mas que tendem a ser distanciados da realidade brasileira, principalmente em termos de rigor de metas e da abordagem escolhida para atingi-las (SILVA; AGOPYAN, 2004).

Segundo Silva e Agopyan (2004), a introdução e a aceitação da avaliação de edifícios pelo mercado são fundamentais para a sua viabilização, mas o grande desafio no Brasil é a inserção dos conceitos de construção sustentável na formação acadêmica dos profissionais de construção e o seu entendimento como parte do cotidiano de projeto.

Baseado neste contexto, este trabalho teve como objetivo geral analisar o nível de percepção em relação desempenho das atividades sustentáveis em uma construção na cidade de Dourados, Mato Grosso do Sul. Seus objetivos específicos foram levantar se são adotadas práticas sustentáveis no setor da construção civil em Dourados/MS; identificar as dificuldades e barreiras enfrentadas no processo de implementação de atividades sustentáveis em edificações e verificar quais atividades sustentáveis foram implementadas na construção estudada.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Sustentabilidade

No ano de 1987, com a publicação do Relatório de Brundtland, foi apresentada, pela primeira vez, uma definição mais elaborada do conceito de Desenvolvimento Sustentável, estabelecendo uma relação harmoniosa do ser humano com o meio ambiente. Segundo o Relatório, o desenvolvimento sustentável pode ser compreendido como um processo de transformação, onde a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, o desenvolvimento tecnológico e a mudança organizacional se orientam para o presente e futuro, de forma a atender às necessidades humanas (DIAS, 2011).

O sociólogo inglês John Elkington, propôs uma mudança social fundamentada no *Triple Bottom Line*, demonstrando o tripé da sustentabilidade, que prevê a integração das dimensões econômica, social e ambiental, com o objetivo de atender de forma equilibrada, a sociedade, o planeta e o lucro (IPIRANGA; GODOY; BRUNSTEIN, 2011).

Do ponto de vista econômico, a sustentabilidade prevê que as empresas devem ser economicamente viáveis, isto é, no seu papel deve ser levado em consideração o aspecto da rentabilidade. No termo social, a organização deve proporcionar as melhores condições de trabalho aos seus empregados, além da participação dos seus gestores nas atividades socioculturais de expressão da comunidade. Já na dimensão ambiental, a empresa deve pautar na ecoeficiência dos seus processos produtivos, adotando uma responsabilidade ambiental (DIAS, 2011).

A falta de diálogo entre as dimensões levará ao desequilíbrio do sistema e a sua insustentabilidade, ou seja, as três dimensões devem ser contempladas em conjunto de modo a manter o equilíbrio dinâmico do sistema (DIAS, 2011).

2.2 *Green Building*

A definição de *Green Building* engloba o planejamento, concepção, construção e operações de edifícios com considerações centrais como: planejamento da área a ser construída, redução e uso eficiente da água, uso eficiente de energia e uso da energia renovável, conservação de materiais e recursos e qualidade do ambiente interno (*U.S. GREEN BUILDING COUNCIL,* 2005).

De acordo com o *World Green Building Council* (2017) há alguns fatores que são considerados em um *Green Building*, são eles:

- uso eficiente de energia, água e outros recursos;
- uso de energia renovável, como exemplo a luz solar;
- redução da poluição e desperdício, permitindo o uso da reciclagem;
- boa qualidade do ar no ambiente interno;
- uso de materiais não tóxicos, éticos e sustentáveis;
- considerar o ambiente no design, construção e operação;
- considerar a qualidade de vida dos ocupantes no design, construção e operação;
- uso de design que possibilita a adaptação da construção.

Deve-se notar que nem todas as *Green Buildings* precisam ser iguais, visto que se leva em consideração as diferentes regiões e países e suas respectivas condições climáticas, culturas e tradições, assim, a *Green Building* pode ter diferentes abordagens (WORLD GREEN BUILDING COUNCIL, 2017).

Tais princípios eram a essência da operacionalização da perspectiva da construção sustentável e da identificação das áreas de desenvolvimento tecnológico, no entanto, por ser um conceito novo para a indústria civil, a construção sustentável possui múltiplas perspectivas e formas de medir de diferentes correntes (PINHEIRO, 2003).

As construções sustentáveis constituem um bom investimento, em que somente em economia de energia, o tempo médio de retorno para

um edifício sustentável é de seis anos e os benefícios incluem despesas reduzidas de água e infraestrutura e ganhos em saúde e produtividade. Outros benefícios, como redução na emissão de gases de efeito estufa e de poluição, exercem grandes impactos positivos sobre as comunidades do entorno e para o planeta (KATS, 2010).

2.3 Certificações

As tendências para a construção civil têm duas direções. De um lado, centros de pesquisas em tecnologias alternativas pregam o resgate de materiais e tecnologias vernáculas, como a utilização de materiais naturais e pouco processados. De outro lado, empresários apostam em "construções verdes", com as certificações, tanto no âmbito das edificações como no âmbito urbano (BRASIL, 2017). Embora não exista uma classificação formal para tais certificações, elas podem ser separadas em duas categorias.

Na primeira categoria tem-se aqueles projetos orientados para o mercado, ou seja, desenvolvidos para serem facilmente executados pelos projetistas ou para divulgar o reconhecimento do mercado pelos esforços apresentados para melhorar a sua qualidade ambiental, execução e gerenciamento operacional. Um exemplo é a certificação LEED (SILVA; AGOPYAN, 2004). Na segunda categoria, estão os esquemas de avaliação orientados para a pesquisa em que a ênfase é o desenvolvimento de uma nova metodologia e, com fundamentação científica que possa orientar o desenvolvimento de novos sistemas, pode-se citar como exemplo o *Green Building Challenge* (SILVA; AGOPYAN, 2004).

No Brasil, ainda não há uma metodologia própria de avaliação e atualmente vem sendo adotadas metodologias importadas, que necessitam de adaptações às próprias metas de sustentabilidade. Apesar de não ser o único sistema de certificação, LEED é a certificação com um reconhecimento mais amplo e mais popular no Brasil (GBC BRASIL, 2017). As iniciativas nesta área estão relacionadas a empreendimentos privados, mais como uma estratégia de *marketing* para vendas e publicidade do que para minimização dos impactos socioambientais (SOBREIRA *et al.*, 2007).

Uma das críticas que se faz à "certificação importada" é em relação à pouca atenção a qualidade do projeto arquitetônico, dentro dos critérios de avaliação. Em alguns casos, observa-se que edificações de baixa qualidade no ponto de vista plástico, funcional, e do conforto ambiental, têm sido premiadas com selos de qualidade ambiental devido à quantidade de tecnologia presente no edifício. Retirados esses processos, o que se tem são construções ineficientes e de alto impacto negativo no âmbito socioambiental (SOBREIRA et al., 2007).

2.3.1 LEED™

A certificação LEED, sigla para *Leadership in Energy and Environmental Design*, teve origem nos Estados Unidos no ano de 1999 e foi desenvolvida pelo *U.S. Green Building Council*. Seu objetivo inicial era facilitar a transferência de conceitos sobre a construção sustentável para os profissionais e para a indústria de construção americana, além de proporcionar o reconhecimento pelos esforços investidos para esta finalidade (RODRIGUES, *et al.,* 2010). Seguindo o certificado, o *Green Building Council* Brasil, optou por divulgar no mercado o sistema de certificação LEED, adaptado para a realidade brasileira.

Esta organização é a que certifica edifícios comerciais e residenciais, plantas industriais, laboratórios, supermercados, restaurantes, hotéis, estádios e arenas poliesportivas, edifícios públicos, instalações logísticas, centros de distribuição e até museus e escolas (GBC BRASIL, 2017).

O sistema é caracterizado por uma lista de verificação que atribui créditos para o atendimento de critérios pré-estabelecidos que permeiam as fases de projeto, construção ou gerenciamento que contribuam para reduzir os impactos ambientais de edifícios, e possui uma estrutura simples, pois é considerado um meio termo entre os critérios prescritivos e especificação de desempenho (RODRIGUES et al., 2010).

De acordo com a *Green Building Council* Brasil (2017), a certificação tem alguns benefícios que podem ser divididos em três grupos: econômicos, sociais e ambientais. Em relação aos benefícios econômicos, a certificação pode diminuir os custos operacionais; diminuir os riscos

regulatórios; valorizar o imóvel para revenda ou arrendamento; aumentar a velocidade da ocupação; aumentar a retenção; modernizar e diminuir a obsolescência da edificação.

Já no fator social, a certificação traz uma melhora na segurança e priorização da saúde dos trabalhadores e ocupantes; inclusão social e aumento do senso de comunidade; capacitação profissional; conscientização de trabalhadores e usuários; incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais; aumento da satisfação e bem-estar dos usuários e estímulo a políticas públicas de fomento a construção sustentável.

No fator ambiental, ocorre o uso racional e redução da extração dos recursos naturais; redução do consumo de água e energia; implantação consciente e ordenada; mitigação dos efeitos das mudanças climáticas; uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental e redução, tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação. Segundo o GBC Brasil (2017), para a certificação de um edifício verde são necessárias o atendimento de sete pré-requisitos listados no Quadro 1:

Quadro 1 – Pré-Requisitos para a certificação LEED no Brasil.

Pré-requisitos para a certificação LEED no Brasil	
Espaço sustentável	Prevenção da poluição na construção do edifício, de modo a controlar a erosão do solo, sedimentação fluvial e a geração de poeira.
Eficiência no uso da água	Redução no consumo de água nos edifícios.
Energia e atmosfera	Redução no consumo de energia e dos custos operacionais, melhor produtividade, não utilização de CFC e verificação de desempenho de acordo com as exigências do projeto.
Materiais e recursos	Deposito e coleta de materiais recicláveis.
Qualidade ambiental interna	Estabelece a qualidade mínima do ar interno.
Inovação e processos	Fornecer a equipes de *design* e projetos a oportunidade e alcançar um desempenho além dos requisitos estabelecidos pelo LEED *Green Building.*
Créditos regionais	Incentivo para a realização de créditos que abordam realidades regionais especificas.

Fonte: GBC BRASIL (2017)

2.3.2 Certificado AQUA

A certificação Alta Qualidade Ambiental (AQUA) é a versão brasileira adaptada do HQE, certificado da França, e foi implantada pela Fundação Vanzolini, instituição privada sem fins lucrativos. O certificado busca garantir a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou a reabilitação de prédios, utilizando-se de auditorias independentes (LEITE, 2011). Segundo a Fundação Vanzolini, o processo traz exigências que permitem o planejamento, a operacionalização e o controle de todas as etapas do seu desenvolvimento.

O empreendimento será certificado após auditorias realizadas pela Fundação Vanzolini. A certificação requer a implantação de um sistema de gestão do empreendimento (SGE) e também o atendimento das 14 categorias de qualidade ambiental do empreendimento (QAE), que estão listadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Categorias de qualidade ambiental do empreendimento (QAE)

Categorias de qualidade ambiental do empreendimento (QAE)	
Categoria 1	Relação do edifício com seu entorno.
Categoria 2	Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos.
Categoria 3	Canteiro de obras de baixo impacto ambiental.
Categoria 4	Gestão da energia.
Categoria 5	Gestão da água.
Categoria 6	Gestão de resíduos de uso e operação do edifício.
Categoria 7	Manutenção – permanência do desempenho ambiental.
Categoria 8	Conforto higrotérmico.
Categoria 9	Conforto acústico.
Categoria 10	Conforto visual.
Categoria 11	Conforto olfativo.
Categoria 12	Qualidade sanitária dos ambientes.
Categoria 13	Qualidade sanitária do ar.
Categoria 14	Qualidade sanitária da água.

Fonte: Elaborado pelos autores

Classifica-se cada uma das 14 categorias do AQUA-HQE no nível Base, Boas Práticas ou Melhores Práticas e cabe ao empreendedor definir quais categorias atingirão a classificação máxima, intermediária ou mínima, dependendo da sua estratégia de sustentabilidade. Para um empreendimento ser certificado deve atender um perfil mínimo de desempenho com 3 categorias no nível Melhores Práticas, 4 categorias no nível Boas Práticas e 7 categorias no nível Base.

A certificação é concedida pela Fundação Vanzolini, que realiza três auditorias ao longo do desenvolvimento do empreendimento de modo a verificar se todos os critérios de sustentabilidade foram atendidos.

2.4 Cenário do Setor da Construção Civil Brasileira

Os desafios para o setor da construção são diversos, em síntese, consistem na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do meio ambiente e na melhoria do ambiente construído (BRASIL, 2017). Para isso, o Ministério do Meio Ambiente recomenda: mudança dos conceitos da arquitetura convencional na direção de projetos flexíveis com possibilidade de readequação; busca de soluções que potencializem o uso racional de energia ou de energias renováveis; gestão ecológica da água; redução do uso de materiais com alto impacto ambiental; redução dos resíduos da construção com modulação dos componentes, de maneira a diminuir perdas e permitir a reutilização de materiais.

No ano 2000, o Brasil formalizou sua integração ao projeto *Green Building Challenge*, um acordo internacional que não é vinculado a qualquer esquema de certificação ambiental e que reúne uma metodologia genérica de avaliação que comporte modificações para adaptar-se às necessidades regionais. A estratégia para a implementação de avaliação de desempenho ambiental de edifícios no Brasil centra-se na formação de uma rede nacional de pesquisa (Programa Nacional de Avaliação de Impactos Ambientais de Edifícios – BRAiE), que reúne membros da academia, representantes governamentais e o setor produtivo (JOHN; SILVA; AGOPYAN, 2001).

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente estudo é composto por uma revisão bibliográfica, de maneira a contemplar múltiplos trabalhos para compreender o conceito de *Green Building* e os fatores considerados para a certificação de um prédio verde. Além disso, a referida pesquisa é um estudo de caso caracterizado como descritiva exploratória.

As variáveis de pesquisa analisadas foram baseadas na literatura existente e nos trabalhos de Lopes (2013) e Queiroga e Martins (2014). Para a avaliação destas variáveis foi utilizada a escala Likert de 5 pontos, conforme o Quadro 3:

Quadro 3 – Variáveis de pesquisa a serem analisadas

Variáveis de pesquisa	Escala Likert
Green Building	Escala de 5 pontos variando de "não implementado" a "totalmente implementado"
Desempenho ambiental	Escala de 5 pontos variando de "não significativo" a "muito significativo"
Motivação para adoção de práticas sustentáveis	Escala de 5 pontos variando de "não significativo" a "muito significativo"
Pontos negativos para a adoção de práticas sustentáveis	Escala de 5 pontos variando de "não significativo" a "muito significativo"

Fonte: Elaborado pelos autores

Tais variáveis apresentadas no Quadro 3 foram separadas por tópicos, sendo eles: *Green Building*; desempenho ambiental; motivação para adoção de práticas sustentáveis e pontos negativos para a adoção de práticas sustentáveis.

No tópico sobre *Green Building,* avaliou-se o nível de aplicação das práticas sustentáveis no empreendimento. Tais variáveis se baseiam nos critérios estabelecidos pelo *World Green Building Council,* para a avaliação de *Green Building*. Já no tópico sobre desempenho ambiental avaliou-se os resultados que o empreendimento obteve no último ano.

Nos tópicos subsequentes foram avaliadas a motivação para a adoção de práticas sustentáveis e os pontos negativos para sua adoção. Tais

tópicos tiveram como objetivo avaliar a percepção dos gestores e dos projetistas em relação às práticas sustentáveis aplicadas no empreendimento e motivação que levou a sua implementação.

A coleta de dados realizou-se através do uso de questionário padronizado, com perguntas estruturadas e objetivas, os quais foram aplicados para investigar o desempenho das atividades sustentáveis na organização estudada. Após a adequação final do questionário, o mesmo foi enviado via e-mail para a empresa alvo da pesquisa e para os responsáveis pela obra.

Além disso, foram levantados dados em relação a edificações sustentáveis na cidade de Dourados/MS, no banco de dados do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Mato Grosso do Sul (CREA/MS) e na Prefeitura de Dourados, no entanto, não foram encontradas construções que possuem atividades sustentáveis aplicadas e com estrutura parecida com a edificação estudada.

A empresa-alvo da pesquisa é uma instituição financeira cooperativa, sendo a primeira cooperativa de crédito da América Latina, fundada em 1902, em Nova Petrópolis no estado do Rio Grande do Sul. A obra em Dourados-MS tem uma estrutura que totaliza 2.041,26 m^2, divididos em 4 andares. Nas instalações, o térreo é voltado para o atendimento aos consumidores e associados em geral. O primeiro piso é voltado para o atendimento às empresas e ao agronegócio, enquanto que o segundo piso é voltado para a área administrativa e salas de treinamento para colaboradores de toda cooperativa. Por fim, o terceiro piso é destinado ao arquivo interno.

Além disso, a agência é adaptada para pessoas com deficiência, com elevadores, caixas preferenciais e banheiros adaptados. O prédio é adaptado para a captação de água pluvial, com o objetivo de reaproveitá-la de forma a diminuir o consumo de água potável. Também visando à economia de energia elétrica, foram instaladas 60 placas de energia solar, além de contar com amplas janelas e sistema de pele de vidro com proteção de raios UVA E UVB.

Pode-se observar que o empreendimento possui algumas práticas de construção sustentável adotadas no empreendimento, destacando-se

a atenção à boa qualidade do ar no ambiente interno e o uso de materiais não tóxicos e sustentáveis, no entanto, não atendeu adequadamente aos outros fatores pesquisados. Isto mostra que o empreendimento não pode ser considerado uma construção sustentável, já que não foi projetado a partir do conjunto de critérios estabelecidos *pelo World Green Building Council*, para a avaliação de *Green Building*.

Os resultados desta pesquisa mostraram uma baixa adoção de atividades sustentáveis, que pode estar relacionada ao alto custo e a complexidade de sua implementação em relação aos projetos tradicionais. Conforme analisado na literatura, tais práticas podem levar um tempo para serem consolidadas devido a necessidade de altos investimentos.

Além disso, de acordo com os resultados da pesquisa, verificou-se que apesar da redução dos custos em relação ao consumo da água e de energia, houve aumento nas despesas operacionais para adequar-se ao gerenciamento ambiental do projeto. Tais fatores mostram que a empresa obteve retorno pouco significativo em relação às práticas já adotadas na construção.

4. CONCLUSÃO

A preocupação com as questões acerca da sustentabilidade tem ganhado uma proporção cada vez mais significativa no cenário corporativo, no entanto, a adoção de práticas sustentáveis tem se mostrado lenta, principalmente em relação ao setor produtivo. Nesse contexto, analisou-se nesta pesquisa o nível de percepção em relação ao desempenho das atividades sustentáveis em uma construção localizada na cidade de Dourados, Mato Grosso do Sul.

Os resultados da pesquisa mostram que houve uma baixa aplicação das atividades sustentáveis na construção, este fato pode estar associado ao alto custo e a complexidade de sua aplicação. Apesar disso, pode-se observar que a empresa possui interesse e uma visão para a aplicação de atividades sustentáveis e a gestão socioambiental, de maneira a conscientizar seus colaboradores e clientes sobre a sustentabilidade, além disso, a organização busca identificar as práticas que já vêm sendo

implementadas e quais os projetos que serão realizados no futuro.

Referente às limitações para a realização da pesquisa, pode-se citar a falta de informações referente às construções que possuem práticas sustentáveis aplicadas, dessa forma, não foi possível traçar mais construções a serem pesquisadas. Outro aspecto que se mostrou relevante quanto às limitações, foi a dificuldade em contatar os participantes da pesquisa e a falta de conhecimento dos entrevistados acerca do tema, além da falta de sinergia referente às informações.

Sugere-se para tema de estudos futuros uma análise comparativa entre a unidade da instituição que conquistou a certificação LEED, com a agência estudada; indica-se também realizar uma pesquisa em âmbito nacional e estadual sobre as agências da instituição financeira, de modo a observar quais agências possuem mais práticas sustentáveis adotadas e qual o tempo de retorno dos investimentos em relação aos custos de operação e manutenção, bem como estudar um número maior de construções e verificar as dificuldades e aplicação da sustentabilidade nestas organizações e quais práticas foram adotadas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Construção sustentável.** Brasília: MMA, 2017. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/item/8059>. Acesso em: 20 maio 2017.

DALÉ, L. B. C.; ROLDAN, L B; HANSEN, P. B. Analysis of sustainability incorporation by industrial supply chain in Rio Grande do Sul State (Brazil). **Journal of Operations & Supply Chain Management**, v. 4, n. 1, p. 25-36, 2011.

DIAS, R. **Gestão ambiental: sustentabilidade social e sustentabilidade**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

GBC BRASIL. **Sustainable buildings in Brazil**. [S.l.]: EYGM, 2013. Disponível em: <http://www.gbcbrasil.org.br/sistema/docsMembros/1311141211060000005990.pdf>. Acesso em: 20 maio 2017.

IPIRANGA, A.S.R; GODOY, A.S.; BRUNSTEIN, J. RAM, **Revista Administração Mackenzie**, v. 12, n. 3, Edição Especial. São Paulo,

SP. maio/jun. 2011. p. 13-20. ISSN 1678-6971.

JOHN, V. M.; SILVA, V.G; AGOPYAN, V. Agenda 21: uma proposta de discussão para o *construbusiness* brasileiro. In: ANTAC - ENCONTRO NACIONAL E I ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS. **Anais...** Canela, 24 a 27 de abril de 2001 v. 2 p. 91-98, 2001.

KATS, G. **Tornando nosso ambiente construído mais sustentável**: custos, benefícios e estratégias. São Paulo: Island Press, 2010.

KRISS, J. **What is green building?** [S.l.]: USGBC, 2014. Disponível em: <http://www.usgbc.org/articles/what-green-building>. Acesso em: 20 maio 2014.

LEITE, V. F**. Certificação ambiental na construção civil:** sistemas Leed e Aqua. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia -Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizante, MG, 2011

LOPES, L. J. **Nível de utilização das práticas do *Green Supply Chain Management* no setor automotivo brasileiro**. 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) - Faculdade de Gestão e Negócios - Universidade Metodista de Piracicaba, UNIMEP. Piracicaba, SP.

PARDINI, A. F**. Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação LEED e do conceito de custos no ciclo de vida em empreendimentos mais sustentáveis no Brasil**. Campinas, SP. 2009.

PINHEIRO, M.D. **Construção sustentável – Mito Ou Realidade?.** In: VII CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DO AMBIENTE Y LISBOA, 6 e 7 de Nov. 2003.

QUEIROGA, A. T. D.; DE FÁTIMA MARTINS, M. Indicadores para a construção sustentável: Estudo em um condomínio vertical em Cabedelo, Paraíba**. Revista de Administração da UFSM**, v. 8, p. 114-130, 2015.

RODRIGUES, M. C.; DUARTE, G. C.; SOUZA, M. C. R. X.; VIEIRA, P. F. J. G. **A aplicação da ferramenta de Certificação LEED para avaliação de edifícios sustentáveis no Brasil**. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DA CONSTRUÇÃO METÁLICA, 2010.

SILVA, V.G. AGOPYAN, V. **Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade.** São Paulo: EPUSP, 2004.

SOBREIRA, F. J. A.; CARVALHO, V. M. A. F.; SILVA, E. G.; ARAÚJO, S. M. V. G.; MACHADO, J. G.; OLIVEIRA, L. P. **Sustentabilidade em edificações públicas**: entraves e perspectivas. In: IV ENCONTRO NACIONAL E II ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, p. 1-10, 2007.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. **An Introduction to the U.S. Green Building Council and the LEED Green Building Rating System**, 2005

World Green Building Council. **What is green building**? Disponível em: <http://www.worldgbc.org/>. Acesso em: 03 jun. 2017.

Capítulo 6 - Práticas de Sustentabilidade Adotadas na Europa por Três Empresas Construtoras de Edificações

Fladimir Fernandes dos Santos[1]
Djeisse Franciele Peiter Sehen[2]
Nirlene Fernandes Cechin[3]
Marco Aurélio Batista de Sousa[4]

RESUMO

Com a finalidade de aperfeiçoar o ambiente construído e de minimizar os impactos causados pela construção civil, foram criadas metodologias de avaliação da aplicação de práticas sustentáveis. Nesse contexto, este trabalho trata de um estudo desenvolvido com três empresas europeias, construtoras de edificações, no que se refere à adoção de práticas sustentáveis em suas obras, a partir da aplicação de um questionário referente a oito categorias que abrangem diferentes práticas consideradas sustentáveis na construção civil. Os principais resultados evidenciam que as empresas pesquisadas estão adotando algumas práticas sustentáveis, tais como: qualidade do entorno – infraestruturas e impactos, melhorias do entorno, paisagismo, coleta seletiva, desempenho térmico, iluminação natural de banheiros e áreas comuns, dispositivos

[1] Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Professor do curso de graduação em Engenharia Civil, no Campus Alegrete da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. E-mail: fladimirsantos@unipampa.edu.br
[2] Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. E-mail: djeisse.eng@gmail.com
[3] Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Professora do curso de graduação em Engenharia Florestal, no Campus São Gabriel da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. E-mail: nirlenecechin@unipampa.edu.br
[4] Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina e Professor do Curso de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. E-mail: mcbsousa7@hotmail.com

economizadores, sistema de aquecimento solar, fontes alternativas de energia, qualidade de materiais e componentes, utilização de madeira plantada ou certificada, medição individualizada nas edificações, dispositivos economizadores e gestão de resíduos de construção e demolição. Entretanto, apesar da adoção de algumas práticas sustentáveis, por parte das empresas, é possível afirmar que ainda há possibilidades para a implementação de práticas que sejam ambientalmente adequadas, socialmente justas e economicamente viáveis.

Palavras-chave: Gerenciamento. Resíduos sólidos. Canteiro de obras.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil está inserido em um contexto cuja preocupação com a preservação do meio ambiente é vital, seja pelo cumprimento rigoroso das leis ambientais, ou pela imagem da empresa perante a sociedade. Entende-se que as discussões a respeito da concepção de edifícios com menos consumo de energia e de recursos naturais, bem como evitando desperdícios e geração de resíduos, possam contribuir para que as práticas de sustentabilidade sejam inseridas nesse ramo e para que haja a conscientização da sociedade perante a esse problema.

É possível desenvolver e aplicar estratégias para formular e enfrentar os problemas e impactos decorrentes das atividades de construção (ACOSTA, 2009). No entanto, tais estratégias devem visar diretamente a minimização dos impactos ambientais e contribuir para a recuperação do meio ambiente, mas também encorajar a demanda do mercado por melhores níveis de desempenho ambiental nas edificações (SILVA, 2003).

Contemporaneamente existem algumas iniciativas que estão sendo tomadas visando reduzir os impactos negativos que a construção civil gera no meio ambiente (PICCOLI ET AL., 2010). Entretanto, ainda é possível notar que o modo de produção adotado pelas empresas se afasta do que se denomina de desenvolvimento sustentável (MATTOSINHO; PIONÓRIO, 2009). O modelo atual de desenvolvimento ainda se ba-

seia em um crescente consumo de recursos naturais, que tem como consequência a degradação e a poluição ambiental (MOTTA, 2009).

O desenvolvimento sustentável, independentemente de sua definição, é um desafio mundial, pois a configuração atual do mundo está completamente desequilibrada. A maioria, dos países do Hemisfério Norte apresenta um padrão de sustentabilidade mais elevada, quando comparada com os países do Hemisfério Sul, onde uma minoria apresenta um padrão satisfatório (SACHS, 2002).

Com base no exposto, são apresentadas as seguintes questões de pesquisa: as empresas europeias que atuam na construção de edificações realmente estão aplicando práticas sustentáveis em suas obras? Se sim, quais práticas estão sendo adotadas?

De forma a buscar respostas para tais questões, o objetivo deste trabalho abrangeu verificar quais as práticas sustentáveis que estão sendo adotadas em três empresas europeias. Vale destacar que essa pesquisa possui importância para o cenário atual, pois permitirá a identificação de como as empresas do setor de edificações vêm tratando o desenvolvimento sustentável e quais as principais medidas que estão sendo adotadas na Europa.

2. DESCRIÇÃO DAS PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

As práticas de sustentabilidade utilizadas na construção civil contemplam oito categorias, sendo elas compostas de diversas práticas sustentáveis. Elas têm origem de sistemas de certificação que se baseiam em selos de qualidade para padronizar e mensurar o nível de sustentabilidade que uma edificação apresenta.

Diante disso, com base no *LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction (*U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, 2009); no *Technical Manual* (BREEAM, 2011) e no Referencial Técnico de Certificação AQUA (FCAV; CERQUAL, 2013) – que foi desenvolvido conforme o método francês HQE® –, descreve-se, na sequência, cada categoria e suas respectivas práticas. Cabe mencionar que ainda está contemplada nesta pesquisa a categoria prática social, tendo como referência o Manual Selo Azul da Caixa (JOHN; PRADO, 2010).

2.1 Saúde e Conforto

A categoria aborda as práticas relacionadas ao planejamento e à concepção do projeto do empreendimento, considerando-se, principalmente, os aspectos relativos à adaptação da edificação às condições climáticas, às características físicas e geográficas locais, bem como a previsão de espaços na edificação destinados aos usos e fins específicos visando a saúde e o conforto dos ocupantes. Também são administradas as condicionantes relativas a este entorno, à orientação solar e aos ventos dominantes locais, de modo a tirar proveito da insolação, dos ventos e dos elementos paisagísticos, para aquecer, ou para resfriar o ambiente, visando minimizar ou evitar o uso de dispositivos artificiais para condicionamento da temperatura do ar. A seguir, são destacadas as práticas desta categoria:

- Paisagismo: auxilia no conforto térmico e visual do empreendimento, mediante a regulação de umidade e o sombreamento vegetal. É relacionada à existência de arborização, cobertura vegetal ou demais elementos paisagísticos que propiciem adequada interferência às partes da edificação onde se deseja melhorar o desempenho térmico.
- Flexibilidade de projeto: permite o aumento da versatilidade da edificação, por meio de modificação de projeto e futuras ampliações, adaptando-se às necessidades do usuário, ou seja, o projeto com alternativas de modificação e/ou ampliação.
- Solução alternativa de transporte: incentiva o uso, pelos condôminos, de meios de transporte menos poluentes, visando reduzir o impacto produzido pelo uso de veículos. Também envolve a existência de bicicletários, ciclovias e facilidade ao acesso de transporte coletivo.
- Local para coleta seletiva: abrange a existência de local adequado em projeto para coleta, seleção, armazenamento de material reciclável e para possibilitar a realização da separação dos resíduos sólidos domiciliares nos empreendimentos.

2.2 Eficiência Energética

Engloba as práticas que devem buscar uma redução no consumo de eletricidade, lenha e gás, e um aumento do uso de fontes renováveis de energia, nas quais se tem:

- Desempenho térmico – vedações: proporciona ao usuário melhores condições de conforto térmico, controlando a ventilação e a radiação solar que ingressam pelas aberturas ou que são absorvidas pelas vedações externas da edificação.
- Desempenho térmico – orientação a sol e ventos: proporciona ao usuário condições de conforto térmico mediante estratégias de projeto, conforme a zona bioclimática do local do empreendimento, considerando-se a implantação da edificação em relação à orientação solar, aos ventos dominantes e à interferência de elementos físicos do entorno, construídos ou naturais.
- Iluminação natural de áreas comuns: melhora a salubridade do ambiente, além de reduzir o consumo de energia mediante iluminação natural nas áreas comuns, escadas e corredores dos edifícios. Engloba ainda a existência de abertura voltada para o exterior da edificação.
- Ventilação e iluminação natural de banheiros: Melhora a salubridade do ambiente, além de reduzir o consumo de energia nas áreas dos banheiros. Engloba a existência de janela voltada para o exterior da edificação com área mínima de 12,5% da área do ambiente
- Dispositivos economizadores – áreas comuns: reduz o consumo de energia elétrica mediante a utilização de dispositivos economizadores ou lâmpadas eficientes nas áreas comuns. Existência de sensores de presença ou lâmpadas eficientes em áreas comuns dos condomínios.
- Sistema de aquecimento solar: reduz o consumo de energia elétrica ou de gás para o aquecimento de água, com a existência de sistema de aquecimento solar de água com coletores.
- Fontes alternativas de energia: proporcionam menor consumo de energia por meio da geração e conservação por fontes renováveis, pela

existência de sistema de geração e conservação de energia por meio de fontes alternativas, tais como painéis fotovoltaicos e gerador eólico, dentre outros.

2.3 Uso da água

A gestão da água em edifícios é indispensável para um uso mais sustentável deste insumo, pois contribui para mitigar os problemas de escassez, amenizar a poluição em águas superficiais e profundas e, ainda, reduzir os riscos de inundação em centros urbanos. Abrange as seguintes práticas:

- Medição individualizada – água: possibilita aos usuários o gerenciamento do consumo de água de sua unidade habitacional, de forma a facilitar a redução de consumo. Abrange a existência de sistema de medição individualizada de água.
- Dispositivos economizadores – bacia sanitária: proporciona a redução do consumo de água, com a existência, em todos os banheiros e lavabos, de bacia sanitária dotada de sistema de descarga com volume nominal de seis litros e com duplo acionamento.
- Dispositivos economizadores – registro regulador de vazão: proporciona a redução do consumo de água nos demais pontos de utilização com a existência de registro regulador de vazão em pontos de utilização do empreendimento, tais como: chuveiro, torneiras de lavatório e de pia.
- Aproveitamento de águas pluviais: reduz o consumo de água potável para determinados usos, por exemplo: em bacia sanitária, irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos, lavagem de veículos e espelhos d'água. Envolve a existência de sistema de aproveitamento de águas pluviais independente do sistema de abastecimento de água potável para coleta, armazenamento, tratamento e distribuição de água não potável com plano de gestão, de forma a evitar riscos para a saúde. O sistema deverá apresentar redução mínima de 10% no consumo de água potável.

- Infiltração de águas pluviais: permite o escoamento de águas pluviais de modo controlado ou favorece a sua infiltração no solo, visando prevenir o risco de inundações e amenizar a solicitação das redes públicas de drenagem. Existência de reservatório de retenção de águas pluviais com sistema para infiltração natural da água em empreendimentos com área de terreno impermeabilizada superior a 500m².

- Áreas permeáveis: mantém o ciclo da água, previne o risco de inundações em áreas com alta impermeabilização do solo e ameniza a solicitação das redes públicas de drenagem urbana. Contempla a existência de áreas permeáveis em, pelo menos, 10% acima do exigido pela legislação local.

2.4 Uso de materiais

Essa categoria é avaliada embasada no fato de que esse fator é o maior gerador de impacto negativo no ambiente. A construção depende de um fluxo constante de materiais, da atividade de limpeza do terreno, passando pelas atividades de construção, manutenção e evitáveis operações de correção de patologias, até o fim da vida útil do edifício ou de suas partes, onde fluxos importantes de resíduo serão gerados. Levam em consideração as práticas de:

- Coordenação modular: reduz as perdas de materiais pela necessidade de cortes, ajustes de componentes e uso de material de enchimento com adoção de medidas padronizadas para aumentar a produtividade da construção civil e reduzir o volume de resíduos de construção e demolição (RCD).

- Qualidade de materiais e componentes: evita o uso de produtos de baixa qualidade, reduzindo o consumo de recursos naturais utilizados na correção e os custos de correção destes defeitos.

- Componentes industrializados ou pré-fabricados: reduz as perdas de materiais e a geração de resíduos, pelo emprego de componentes industrializados montados em canteiro (divisórias internas, lajes, vigas,

pilares, entre outros).

- Fôrmas e escoras reutilizáveis: reduz o emprego de madeira em aplicações de baixa durabilidade, que constituem desperdício e incentiva o uso de materiais reutilizáveis.

- Pavimentação com RCD como agregados reciclados: reduz a pressão sobre os recursos naturais não renováveis por meio do uso de materiais reciclados e pela promoção do mercado de agregados reciclados com o projeto de pavimento especificando o uso de agregados produzidos pela reciclagem de resíduos de construção e demolição.

2.5 Uso do Solo

Essa categoria abrange a seguinte prática:

- Adequação às condições físicas do terreno: proporciona verificar o grau de movimentação de terra para a implantação do empreendimento. A implantação deve tirar proveito das declividades e elementos naturais do terreno, como: rochas, corpos hídricos, vegetação com a minimização de cortes, aterros e contenções.

2.6 Qualidade Urbana

Nessa categoria são avaliadas três práticas, sendo elas:

- Qualidade do entorno – infraestrutura: proporciona aos moradores qualidade de vida, considerando a existência de infraestrutura, serviços, equipamentos comunitários e comércio disponíveis no entorno do empreendimento. Envolve a inserção do empreendimento em malha dotada (ou que venha a ser dotada até o final da obra) de infraestrutura básica, tais como: a rede de abastecimento de água potável, a pavimentação, energia elétrica, a iluminação pública, o esgotamento sanitário com tratamento e uma linha de transporte público regular.

- Qualidade do entorno – impactos: visa o bem-estar, a segurança e

a saúde dos moradores, considerando o impacto do entorno em relação ao empreendimento em análise. Inexistência, próximo do empreendimento, de fatores considerados prejudiciais ao bem-estar dos moradores, tais como: as fontes de ruídos excessivos e constantes (rodovias, aeroportos, alguns tipos de indústrias, entre outros), os odores e a poluição excessivos e constantes (estações de tratamento de esgoto), lixões e alguns tipos de indústrias.

- Melhorias no entorno: incentiva as ações para melhorias estéticas, funcionais, paisagísticas e de acessibilidade no entorno do empreendimento. Previsão das melhorias como a execução ou a recuperação de passeios, a construção e manutenção de praças, áreas de lazer, arborização, ampliação de áreas permeáveis, entre outras.

2.7 Poluição

Nessa categoria é preciso realizar a prática de:

- Gestão de RCD**:** reduz a quantidade de resíduos de construção e demolição e seus impactos no meio ambiente urbano, com um "Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)" para a obra. Envolve a apresentação, ao final da respectiva obra, dos documentos de comprovação de destinação final ambientalmente adequada dos resíduos gerados.

2.8 Práticas Sociais

Essa categoria contempla duas práticas:

- Inclusão de trabalhadores locais: promove a ampliação da capacidade econômica dos moradores da área de intervenção e seu entorno ou de futuros moradores do empreendimento por meio da contratação dessa população, estabelecendo uma relação positiva dos mesmos com o empreendimento. Para isso, é necessária a existência de explicitação, em

documento, do número de vagas abertas e destinadas para a contratação da população local ou de futuros moradores.

- Participação da comunidade na elaboração do projeto: promove a participação e o envolvimento da população-alvo na implementação do empreendimento. Existência de um plano que contenha ações voltadas para a promoção do envolvimento dos futuros moradores com o empreendimento e que demonstre a participação da população-alvo nas discussões para a elaboração do projeto.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No desenvolvimento da pesquisa, primeiramente, foi realizada uma revisão bibliográfica, onde foi possível contextualizar as práticas consideradas sustentáveis na construção civil, observando-se os sistemas de certificação que se baseiam em selos de qualidade para padronizar e mensurar o nível de sustentabilidade que uma edificação

A partir do conhecimento dessas práticas, e na busca de respostas para as questões de pesquisa, bem como de alcançar os objetivos pretendidos neste trabalho, foi realizada uma pesquisa em empresas do setor da construção civil, com o objetivo de identificar quais são as práticas de sustentabilidade que as mesmas estão adotando em suas edificações.

Para analisar a aplicabilidade destas práticas foi utilizado um questionário com questões fechadas (Quadro 1 - página seguinte), elaborado a partir do estudo das práticas de sustentabilidade exigidas pelos selos de qualidade ambiental.

Quadro 1 – Questionário aplicado para identificação das práticas de sustentabilidade

PRÁTICA SUSTENTÁVEL AVALIADA	UTILIZA	RARAMENTE UTILIZA	NÃO UTILIZA
1. QUALIDADE URBANA			
Qualidade do entorno- infraestrutura			
Qualidade do entorno- impactos			
Melhorias no entorno			
2. SAÚDE E CONFORTO			
Paisagismo			
Flexibilidade de projeto			
Local para coleta seletiva			
Solução alternativa de transporte			
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA			
Desempenho térmico			
Iluminação natural de áreas comuns			
Ventilação e iluminação natural de banheiros.			
Dispositivos economizadores			
Sistema de aquecimento solar			
Fontes alternativas de energia			
4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS			
Coordenação modular			
Qualidade de materiais e componentes			
Componentes pré-fabricados			
Fôrmas e escoras reutilizáveis			
Pavimentação com RCD			
Madeira plantada ou certificada			
5. USO DO SOLO			
Adequação às condições físicas do terreno			
6. GESTÃO DA ÁGUA			
Medição individualizada			
Dispositivos economizadores - bacia sanitária			
Dispositivos economizadores - registro regulador de vazão			
Aproveitamento de águas pluviais			
Infiltração de águas pluviais			
Áreas permeáveis			
7. POLUIÇÃO			
Gestão de resíduos de construção e demolição (RCD)			
8. PRÁTICAS SOCIAIS			
Inclusão de trabalhadores locais			
Participação da comunidade na elaboração do projeto			

Fonte: Elaborado pelos autores

A amostra pesquisada neste trabalho é composta por três empresas europeias, sendo uma localizada na Espanha, outra na França e a outra na Itália, países que possuem características distintas no setor da construção civil.

De forma a preservar o anonimato destas empresas, neste trabalho as mesmas são determinadas por Empresa C, D e E. No Quadro 2 estão apresentadas as principais características destas empresas.

Quadro 2 – Características das empresas pesquisadas estudo

Empresa	Localização	Área de atuação
C	Pamplona - Espanha	Gerenciamento, projeto e execução de obras, experiente em eficiência energética de edifícios.
D	Lyon - França	Projetos de edificações em geral.
E	Firenze - Itália	Projeto e reabilitação de edificações de pequeno porte.

Fonte: Elaborado pelos autores

Para as empresas localizadas na Espanha e na Itália o questionário foi traduzido para a língua espanhola e para a empresa situada na França, para a língua inglesa. A aplicação dos questionários nas empresas foi realizada durante o ano de 2018, por profissionais da área de Engenharia Civil.

A análise dos dados e a apresentação dos resultados desta pesquisa foram feitas em forma de gráficos, confeccionados a partir das respostas obtidas no questionário. Dentro de cada barra dos gráficos consta a identificação, por letras, das empresas citadas no Quadro 2, e na parte superior dos gráficos estão registrados os números de respostas para cada prática.

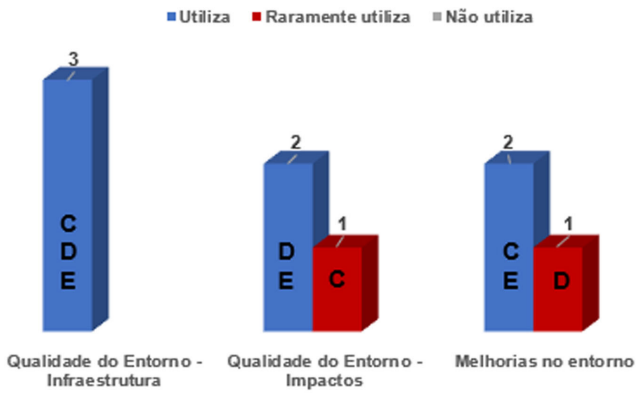
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Quanto a categoria qualidade urbana

Investigou-se a respeito das práticas relacionadas ao espaço externo da edificação, a infraestrutura e a qualidade do entorno, e as melhorias

realizadas neste espaço, ou seja: às relacionadas diretamente com o ambiente no qual a edificação está inserida. No Gráfico 1 estão representados os resultados.

Gráfico 1 – Análise referente à adoção da prática qualidade urbana



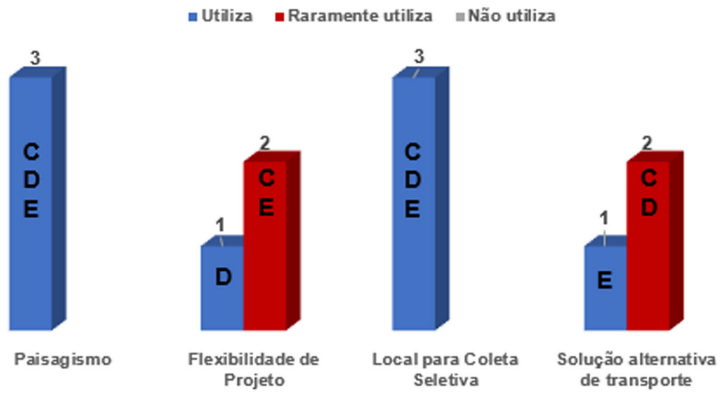
Fonte: Elaborado pelos autores

No Gráfico 1 é possível observar os resultados positivos nas três soluções sustentáveis propostas, pois as empresas pesquisadas demonstraram utilizar as práticas sustentáveis analisadas, sendo a que se refere a qualidade do entorno (infraestrutura), utilizada por todas elas.

4.2 Quanto à categoria saúde e conforto

Nesta categoria foram investigados os benefícios que a edificação pode oferecer aos moradores como, por exemplo, o paisagismo e a flexibilidade de projeto – além da possibilidade da realização de modificações ou ampliações –, da existência de transporte alternativo próximo a edificação e de coleta seletiva. No Gráfico 2 (página seguinte) é possível observar os resultados desta categoria

Gráfico 2 – Análise referente à utilização da prática saúde e ao conforto



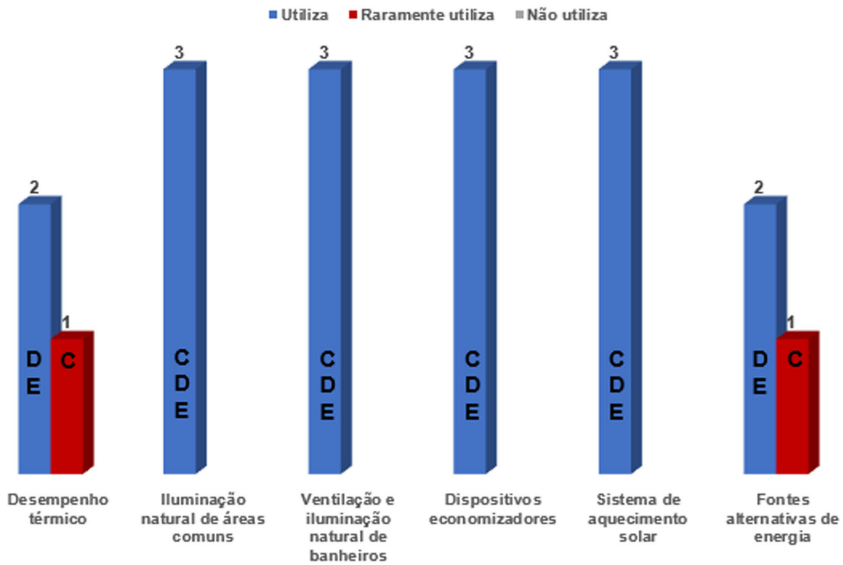
Fonte: Elaborado pelos autores

Por estes resultados, é possível observar que as empresas pesquisadas pontuaram em relação à utilização das soluções da categoria de saúde e conforto, mesmo que raramente. Ficou destacado que as soluções de paisagismo e o local para a coleta seletiva são utilizados por todas elas. Apontaram, raramente, aplicar os itens de flexibilidade de projeto e a solução alternativa de transporte.

4.3 Quanto à categoria eficiência energética

Essa categoria está relacionada com práticas que visam à redução no consumo de eletricidade e gás, e um aumento do uso de fontes renováveis de energia para aumentar o desempenho térmico do edifício. O Gráfico 3 (página seguinte) evidencia os resultados referente à esta categoria

Gráfico 3 – Análise referente à aplicabilidade da prática eficiência energética



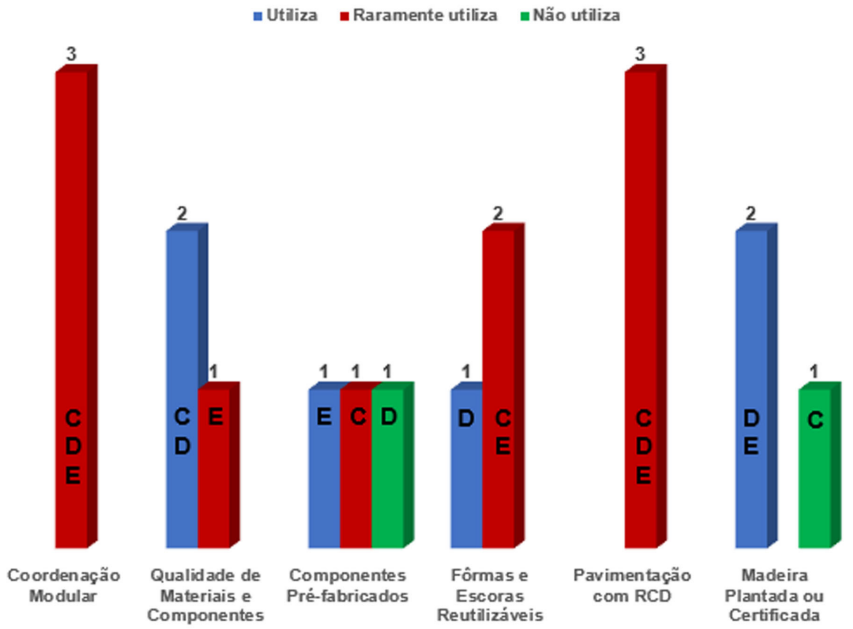
Fonte: Elaborado pelos autores

O Gráfico 3 faz referência as práticas utilizadas pelas empresas pesquisadas, que demonstraram utilizar a maioria das práticas sustentáveis da categoria de eficiência energética, na qual se observa que apenas uma empresa (da Espanha) demonstrou raramente aplicar o desempenho térmico e as fontes alternativas de energia.

4.4 Quanto à categoria conservação de recursos naturais

Essa categoria considera que o setor da construção civil é grande consumidor de recursos naturais e gerador de resíduos. Diante disso, as soluções visam à redução dos desperdícios na construção civil e a conservação dos recursos naturais. O Gráfico 4 (página seguinte) evidencia a conservação de recursos naturais, mostrando que as práticas referentes a qualidade dos materiais e componentes e madeira plantada ou certificada são, na maioria, utilizadas pelas empresas participantes do estudo.

Gráfico 4 – Análise do uso da prática conservação dos recursos naturais



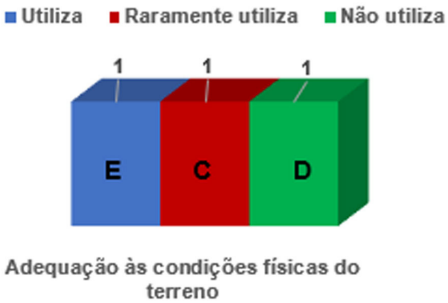
Fonte: Elaborado pelos autores

No Gráfico 4 também é possível notar que as soluções de coordenação modular e pavimentação com RCD são raramente utilizadas. A solução de componentes pré-fabricados demonstrou um resultado disperso.

4.5 Quanto à categoria uso do solo

A prática de uso do solo trata da adequação da obra ao terreno, a capacidade de aproveitar as declividades e elementos naturais do terreno, como: rochas, corpos hídricos, vegetação com a minimização de cortes, aterros e contenções. No Gráfico 5 (página seguinte) é possível observar os resultados desta prática.

Gráfico 5 – Análise referente à prática uso do solo



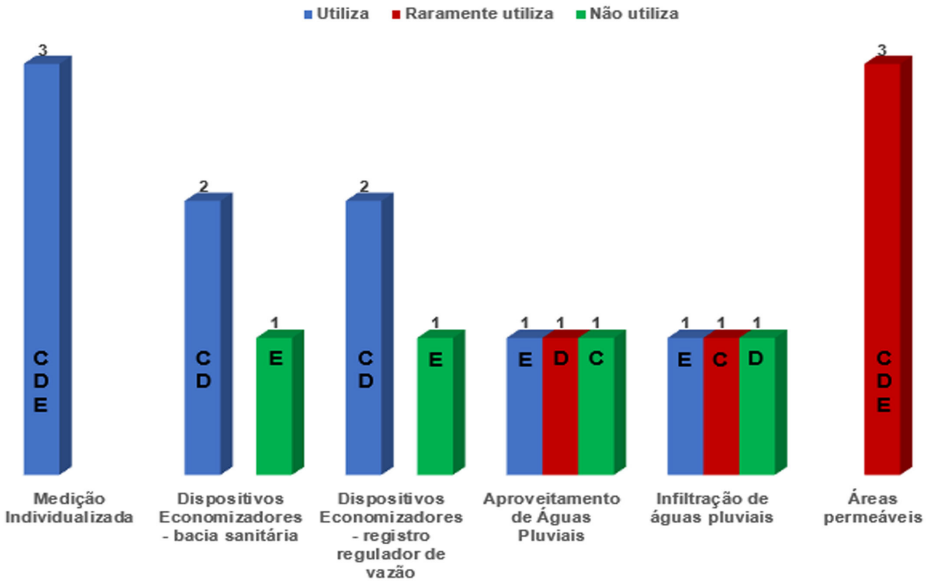
Fonte: Elaborado pelos autores

Nota-se, por este gráfico, um resultado disperso, no qual cada uma das empresas demonstrou um resultado de utilização desta prática.

4.6 Quanto à categoria gestão da água

A categoria gestão da água se relaciona com as práticas referentes à economia e ao reaproveitamento da água. O Gráfico 6 apresenta os resultados referentes a este parâmetro.

Gráfico 6 – Análise da prática referente a gestão da água



Fonte: Elaborado pelos autores

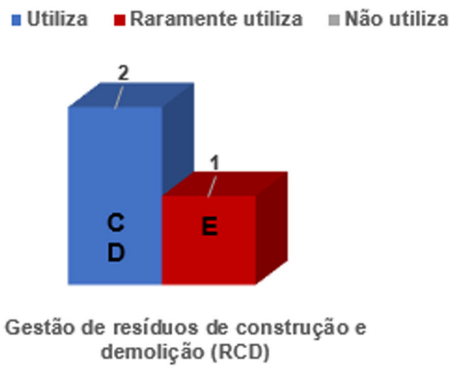
É possível observar, no Gráfico 6, que as empresas aplicam a prática de medição individualizada do consumo de água nas suas edificações. Soluções como a dos dispositivos economizadores também são utilizadas e, ressalta-se que, a existência de áreas permeáveis é raramente utilizada pelas empresas.

Pelo menos uma empresa demonstrou utilizar as soluções de aproveitamento de águas pluviais e de infiltração de águas pluviais.

4.7 Quanto à categoria poluição

A questão da poluição está diretamente relacionada com a existência de um plano de gerenciamento de RCD, ou seja, a destinação final ambientalmente adequada de resíduos. No Gráfico 7 tem-se os resultados referentes a categoria poluição.

Gráfico 7 – Análise da aplicabilidade da prática referente à poluição



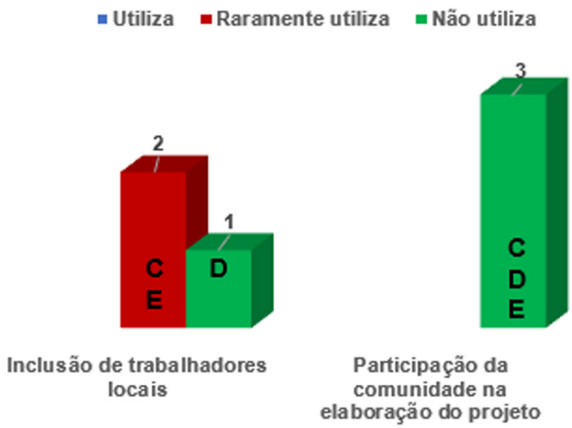
Fonte: Elaborado pelos autores

As empresas pesquisas também demonstraram aplicar soluções sustentáveis no que se diz respeito à poluição. Todas as empresas demonstraram utilizar essa prática sustentável, mesmo que apontado como raramente por uma delas, como é possível observar no Gráfico 7.

4.8 Quanto à categoria práticas sociais

A categoria com práticas sociais se refere àquelas soluções que envolvem a população-alvo do empreendimento, tais como: a inclusão de trabalhadores locais e a participação da comunidade nas discussões sobre o projeto. O Gráfico 8 evidencia os resultados desta prática

Gráfico 8 – Análise referente ao uso de práticas sociais



Fonte: Elaborado pelos autores

As empresas demonstraram que não utilizam a participação da comunidade nas discussões dos seus projetos e que raramente existe a inclusão de trabalhadores locais em suas obras.

5. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo foram mostrados e analisados de maneira a verificar se as empresas europeias pesquisadas estão aplicando práticas sustentáveis em suas edificações, bem como identificar quais práticas estão sendo adotadas. Diante dos resultados, foi possível realizar uma análise referente à aplicação de práticas sustentáveis nestas empresas europeias construtoras de edificações.

De acordo com o exposto, é possível concluir que as empresas

europeias em estudo demonstram uma preocupação com o tema sustentabilidade e, por isso, vêm aplicando práticas sustentáveis em seus empreendimentos.

As práticas que se mostraram mais utilizadas por estas empresas se referem à categoria de qualidade urbana, onde todas as soluções são aplicadas. A eficiência energética também se mostrou muito utilizada, pois todas as soluções são aplicadas.

No que diz respeito à conservação dos recursos naturais, se destacam a preocupação com a qualidade dos materiais e componentes e a utilização de madeira plantada ou certificada.

Soluções que se relacionam com a gestão da água como, por exemplo, a medição individualizada e a utilização de dispositivos economizadores também são bastante utilizadas. As empresas europeias em estudo também apontaram aplicar soluções relacionadas com os resíduos de construção e demolição, que se relacionam com a prática de poluição.

De maneira geral, é possível destacar que as empresas europeias que foram pesquisadas aplicam a maioria das práticas sustentáveis presentes no questionário. No entanto, pode-se dizer que que ainda há possibilidades para a implementação de outras práticas que sejam ambientalmente responsáveis, socialmente justas e economicamente viáveis.

Um ponto importante a ser mencionado é que a amostra de empresas europeias é composta por duas empresas de pequeno porte e uma de médio porte. Esses fatores, de alguma forma, influenciaram nos resultados da pesquisa, haja vista que empresas de maior porte tendem a possuir mais facilidade em aplicar práticas sustentáveis.

Diante da apresentação destes resultados, sugere-se que outros estudos sejam realizados buscando replicar o questionário em outros continentes, bem como realizar uma pesquisa em uma amostra maior de empresas construtoras de edificações, a fim de verificar quais as dificuldades enfrentadas pelas mesmas na adoção de práticas sustentáveis em suas obras de construção de edificações.

Outro enfoque a ser pesquisado em futuras pesquisas seria verificar por qual motivo as empresas não utilizam alguma prática, bem como

fazer uma comparação, em diferentes regiões, o motivo pelo qual algumas empresas adotam uma prática e em outras não se identifica a utilização da mesma prática.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, D. Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias. **DEARQ - Revista de Arquitectura / Journal of Architecture**, 4, p. 14-23, 2009. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=341630313002>. Acesso em: 25 de maio de 2015.

BREEAM. **Tchecnical Manual.** 2011. Disponível em: <http://www.breeam.org/breeamGeneralPrint/breeam_non_dom_manual_3_0.pdf> Acesso em: 2 de junho de 2015.

FCAV (Fundação Carlos Alberto Vanzolini); CERQUAL (Certification Qualité Logement). **Edifícios Habitacionais. Referencial Técnico de Certificação "Edifícios Habitacionais" – Processo AQUA**. versão 2. São Paulo: Autores, 2013. Disponível em: https://www.vanzolini.org.br/download/RT_Edificios_habitacionais_v2_2013.pdf. Aceso em: 2 de junho de 2015.

JOHN, V. M.; PRADO, R.T. A. **Boas Práticas Para Habitação Mais Sustentável:** Selo Azul da Caixa. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction**. 2009. Disponível em: <www.usgbc.org/resources/leed-reference-guide>. Acesso em: 01 de junho de 2015.

MATTOSINHO JC; PIONÓRIO P. **Aplicação da Produção Mais Limpa na Construção Civil: Uma Proposta de Minimização de Resíduos na fonte.** In:International Worshop Advances in Cleaner Production, 2009, São Paulo. p.1-3.

MOTTA, F. R. S. **Sustentabilidade na Construção Civil: Crítica, Síntese, Modelo de Política e Gestão de Empreendimentos.** 2009. 27-

30. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

PICCOLI R; KERN P. A; GONZÁLEZ A. M; HIROTA H. E. **A certificação de desempenho ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 69-79, jul./set. 2010.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Garamond. 4a ed. 2002.

SILVA, V. G. **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros**: diretrizes e base metodológica, p. 210. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.

Capítulo 7 - A Internalização do Custo Ambiental em Atividades de Construção e Ampliação da Infraestrutura Rodoviária: desafios de uma gestão sustentável

Vera Sirlene Leonardo[1]
Katia Abbas[2]
Driele Guzeloto Viana de Oliveira[3]

RESUMO

O crescimento economico impõe a construção de infraestrutura para atender a diferentes setores da sociedade com inevitáveis impactos ambientais. Contudo, as atividades de construção e ampliação da infraestrutura rodoviária inevitavelmente interferem em vários elementos do ecossistema. Neste estudo destaque é dado ao desafio da construção de estradas rodoviárias com ações voltadas para sustentabilidade. Assim, o objetivo da pesquisa consiste em delinear o comportamento da empresa no que se refere à internalização dos custos ambientais a partir da identificação das atividades de prevenção, controle, reciclagem e recuperação. A pesquisa, do tipo descritiva, foi desenvolvida por meio de estudo de caso realizado em uma concessionária de rodovias que tem sua sede localizada no estado do Paraná. O desenvolvimento prático do estudo considera os procedimentos utilizados pela empresa para internalizar na contabilidade os custos decorrentes dos impactos provo-

[1] Doutora em Administração Pública e Governo pela Fundação Getúlio Vargas – FGV. Professora do curso de graduação em Ciências Contábeis da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Campus Maringá. E-mail: vsleoanardo@uem.br
[2] Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Professora dos cursos de graduação e pós-graduação em Ciências Contábeis da Universidade Estadual de Maringá – UEM, Campus Maringá. E-mail: kabbas@uem.br
[3] Bacharel em Ciências Contábeis pela Universidade Estadual de Maringá – UEM, Campus Maringá. E-mail: driguzeloto@hotmail.com

cados pela sua atividade no meio ambiente. Os resultados mostraram que a empresa já inseriu em sua filosofia empresarial ações votadas para a sustentabilidade ambiental ao adotar um Sistema de Gestão Ambiental e alcançar a ISO 14000. O estudo permitiu concluir que apesar da baixa representatividade dos custos ambientais em relação ao total de custos operacionais da empresa, há uma efetiva conscientização da alta direção para o controle e monitoramento dos custos ambientais a partir de ferramentas dispostas no sistema de gestão ambiental implantado.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável. Custos ambientais. Impactos ambientais.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento contínuo das cidades e a industrialização levam os governos a investirem na construção de estradas para interligar as cidades e melhorar o escoamento da produção. Mas, com o passar do tempo, há o desgaste das vias de tráfego pelo excesso de carga sobre a pista, ou ainda pelas condições não satisfatórias da base da estrada e começam a surgir imperfeições ao longo do pavimento, sendo necessária a manutenção das vias.

São as empresas concessionárias que têm implantado sistemas de gerência de pavimento na maioria dos estados brasileiros. Uma das atividades das concessionárias consiste em estudar um trecho rodoviário e, depois de conhecidas suas características, é fracionado em pequenos segmentos que recebem investimentos necessários à manutenção de determinada vida útil. Essa "manutenção é feita por meio da fresagem de uma camada do pavimento, que recebe uma nova capa asfáltica. Nesse processo de fresagem é gerada uma grande quantidade de resíduo", segundo Dallmann, Gomes e Bruno (2007).

Normalmente esse material rejeitado é constituído de brita, areia, filler e Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), sendo descartado nos *offsets* dos aterros ou em bota-fora, à beira das rodovias. Contudo, os ór-

gãos ambientais estão intensificando as exigências no que diz respeito aos impactos ambientais em obras civis e aos seus resíduos (CONAMA, 2002; 2012).

Para garantir a sustentabilidade nos negócios as concessionárias precisam superar os diversos obstáculos, tais como utilizar, de forma racional, os recursos naturais e eliminar desperdícios da sua atividade e dos seus produtos, seja pela reciclagem ou reaproveitamento. Um negócio é sustentável se for totalmente compatível com a natureza durante toda a cadeia produtiva (SMITH, 1995; ROCHA, 2016). O grande desafio dessas empresas é dar um destino razoável a esse material que, por muito tempo, foi considerado um rejeito da construção civil. Desse modo, as organizações precisam avaliar, discutir e implementar a ideia de que preservar é necessário, caso contrário, arrisca-se a ficar para trás num mundo de negócios que rapidamente se tornará verde.

Uma das alternativas que os estudiosos têm discutido é a adoção da gestão ambiental que é vista como um imperativo diante da gravidade dos problemas causados pelas atividades do homem. As principais motivações empresariais para a gestão ambiental são: sentido de responsabilidade ecológica, requisitos legais, salvaguarda da empresa, imagem, proteção aos empregados, pressão de mercado, qualidade de vida e lucro (DONAIRE, 1997). Assim, empresas que implantaram Sistemas de Gestão Ambiental são as que buscam a sustentabilidade e são inovadoras.

As organizações que identificam e controlam seus custos ambientais são organizações inovadoras, uma vez que, além de se adequar às novas leis e regulamentação na área do meio ambiente, estão atendendo um mercado cada vez mais exigente quanto aos padrões ambientais. Entretanto, sabe-se que a adequação ambiental envolve aspectos operacionais, econômicos e financeiros para as empresas, desde a fase de projeto dos produtos, até a disposição final. Isto tudo gera um custo adicional de recuperação, preservação ou prevenção dos danos ambientais, além do aumento dos custos dos produtos e serviços prestados.

Diante deste panorama, o objetivo deste estudo consiste em delinear o comportamento de uma empresa no que se refere à internalização dos custos ambientais a partir da identificação das atividades de prevenção, controle, reciclagem e recuperação.

2. CUSTOS AMBIENTAIS

Os custos ambientais apresentam-se em muitas ações empresariais e estão presentes em várias etapas do processo produtivo das organizações. Organizações que identificam e controlam os custos ambientais são organizações inovadoras. Essa inovação é uma das vertentes da sustentabilidade.

As empresas estão progressivamente implantando sistemas de gerenciamento ambiental e passam a adotar controles internos no sentido de internalizar os custos e demais gastos ambientais com a proteção ambiental, com a redução de poluentes e resíduos, monitoramento da avaliação ambiental, impostos ou auditorias. Esse comportamento se justifica por dois motivos: (a) pela exigência de regulamentação, segundo Barbieri (2007); e (b) porque empresas que investiram na preservação do meio ambiente conseguiram reduzir seus gastos (VELLANI; NAKAO, 2009; ROGERS; KRISTOF, 2003).

Braga et al. (2005, p. 300) entendem que "o potencial para a redução de custos e a economia de dinheiro, talvez seja um dos benefícios mais atrativos de qualquer programa de preservação da poluição para as organizações". Já para Ferreira (2003), "os custos ambientais devem compreender todos aqueles relacionados, diretamente ou indiretamente, com a proteção do meio ambiente".

Na concepção de Ribeiro (2010), os custos ambientais são identificados pelo montante de todos os custos dos recursos utilizados pelas atividades desenvolvidas, cujo objetivo é o controle, a preservação e a recuperação ambiental. E podem compreender: depreciação, amortização e exaustão dos valores relativos aos ativos de natureza ambiental que pertencem à empresa; aquisição de insumos para controle/redução/eli-

minação de poluentes; tratamento de resíduos dos produtos; disposição dos resíduos poluentes; recuperação de áreas contaminadas; mão de obra utilizada nas atividades de controle, preservação ou recuperação do meio ambiente.

Incluir os custos sociais e ambientais no preço final de produtos fabricados para consumo diário, configura-se como uma das recomendações do relatório sobre sustentabilidade da (ONU, 2012). "Os custos ambientais compreendem os gastos realizados para gerenciar os impactos das atividades das empresas nesse setor, de forma ambientalmente responsável, além de outros gastos com o mesmo objetivo" (ONU, 2002). Os custos ambientais incluem os gastos realizados para:

· prevenir, reduzir ou reparar danos ao meio ambiente, danos esses resultantes das atividades operacionais, ou necessários à conservação de recursos renováveis ou não; e

· eliminar ou evitar refugos; proteger as águas; preservar ou melhorar a qualidade do ar; reduzir o barulho; remover a contaminação de prédios; pesquisar o desenvolvimento de produtos, matéria-prima ou processo de produção ambientalmente saudáveis etc.

Os custos incorridos no processo produtivo precisam ser constantemente monitorados, tendo em vista que os mesmos se refletem diretamente no processo de escolha da forma de desenvolvimento ou na decisão de eliminação de determinado produto pela empresa (SILVA; THEIS; SCHREIBER, 2016).

Em relação a cada objeto que se queiram custear, os custos podem ser classificados como diretos ou indiretos e podem ter suas abrangências delimitadas na empresa ou fora dela, conforme o Quadro 1 (página seguinte).

Quadro 1 – Classificação dos custos

Autores	Custos Diretos	Custos Indiretos
Ferreira (2003)	São aqueles custos cujos fatos geradores afetam o meio ambiente e cujo impacto pode ser diretamente identificado a uma ação poluidora ou recuperadora ocorrida numa área física sob a responsabilidade da entidade contábil. Exemplo: custos relativos à produção ou estocagem.	São os fatos geradores que afetam indiretamente o meio ambiente cujo impacto não pode ser diretamente identificado a uma ação poluidora ou recuperadora ocorrida na área física de responsabilidade da entidade. Exemplo: custos relativos ao consumo, caso de aerossóis; ou, ainda, quanto ao uso de bateria de telefones celulares.
Ribeiro (2010)	São as atividades objetivamente identificadas como pertinentes ao controle, preservação e recuperação ambiental. Contudo, podem estar indiretamente associados a elaboração do produto.	Existem para dar suporte a preservação ambiental (salário de supervisores, aluguel da área ocupada, recursos consumidos nas atividades de compras ou de tesouraria etc.).
Tinoco e Kraemer (2004)	Podem ser diretamente apropriados a um determinado produto, tipo de contaminação ou programa de prevenção de contaminação particular.	São aqueles que não tem vínculo causal direto com o processo e a gestão ambiental, tais como treinamento ambiental, manutenção de registros e apresentação de relatórios. Associam-se aos centros de custos tais como departamentos ou atividades.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2012)

Geralmente esses custos estão relacionados com as atividades operacionais da empresa e são previstos nas políticas e diretrizes da empresa ou realizados nas atividades produtivas por exigência legal. Portanto, há maior facilidade na identificação uma vez que são custos de prevenção ou conservação ambiental. Como os custos ambientais apresentam-se em muitas ações das empresas a todo o momento, muitas vezes podem estar indiretamente associadas à elaboração do produto ou prestação do serviço; mas estar diretamente associadas ao processo de controle, preservação e recuperação do meio ambiente.

Além disso, existem aqueles custos que são denominados de custos externos. São aqueles que podem incorrer como resultado da produção ou existência da empresa. São difíceis de medir em termos monetários e, geralmente, estão fora dos limites da empresa, segundo Tinoco e Kraemer (2004). Motivar a empresa a internalizar esses externalidades é uma necessidade que se impõe, colocam os autores. Incluem danos que são pagos a outros, como consequência de eventos ambientais, por

exemplo: danos na propriedade de outros, danos econômicos a outros e dados aos recursos naturais.

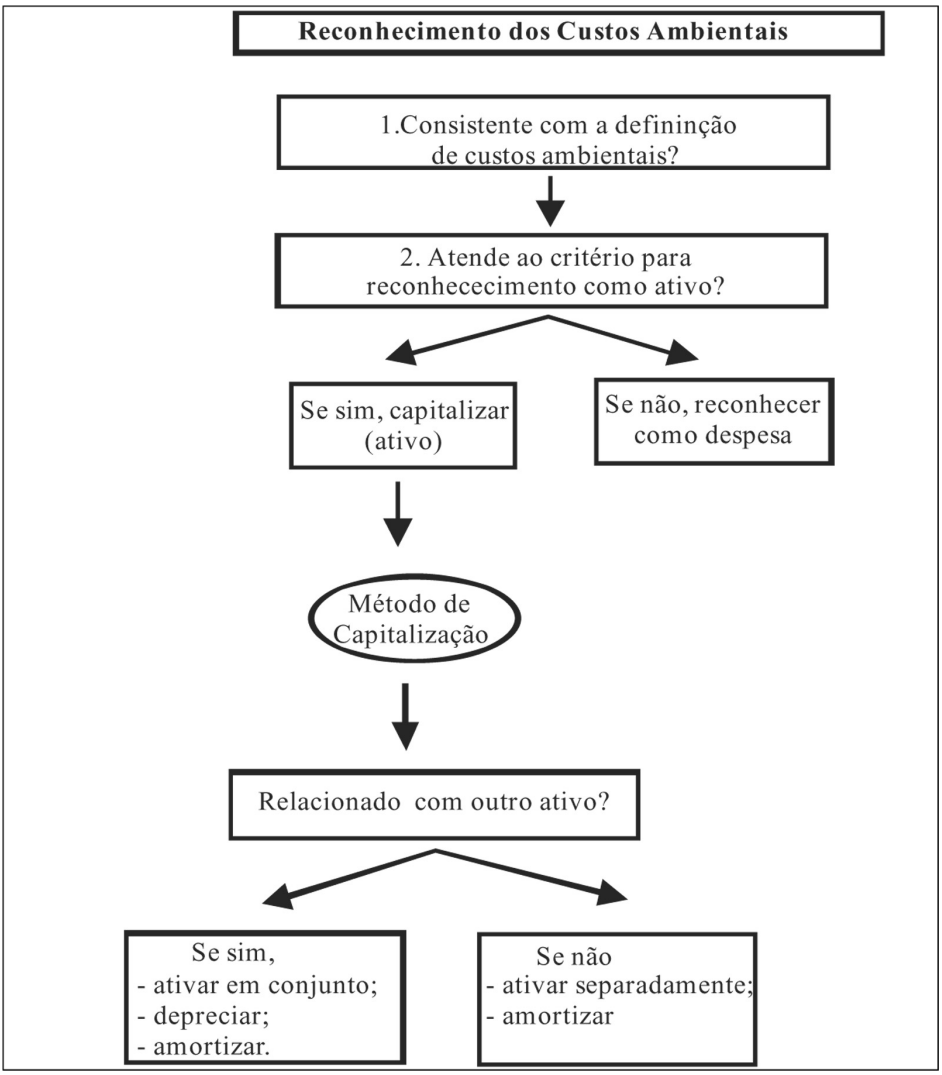
Considerando que as externalidades ambientais podem potencialmente ser maiores que os componentes do custo, os custos internos da administração ambiental também podem ser extensivos, não ser definidos claramente e tendem a gerar consideráveis problemas de destinação afirmam Tinoco e Kraemer (2004). Assim, a empresa deve implantar controles internos que resgatem informações da área de gestão ambiental para poder ter clareza do fato gerador de custo e melhor classificá-lo.

Nesse processo deve haver o esforço do gestor em reconhecer o momento de registrar efetivamente os custos ambientais. Quanto ao reconhecimento dos custos ambientais o UNCTAD/ISAR (1998) estabelece que:

- os custos ambientais devem ser reconhecidos durante o exercício em que se identifiquem pela primeira vez;
- os custos ambientais devem ser capitalizados sem estar relacionados direta ou indiretamente com futuros benefícios da empresa resultantes da melhoria da segurança ou eficiência de outros ativos, a redução da contaminação ou a conservação do meio ambiente;
- os custos que não reúnem os critérios para ser ativados devem levados a resultado imediatamente;
- os custos de operações futuras de restauração de terrenos ou eliminação de ativos de longa duração devem ser reconhecidos no momento que se produzem os danos ambientais correspondentes.

Os custos ambientais que estão relacionados com outro ativo e que não geram benefícios por si mesmos, não devem ser considerados como ativos separados. A Figura 1 (página seguinte) apresenta o momento de reconhecimento dos custos ambientais.

Figura 1 – Fluxo do reconhecimento dos custos ambientais



Fonte: UNCTAD/ISAR (2000 apud Ferreira, 2003, p. 103)

Os custos ambientais serão reconhecidos, independentemente de desembolso e imediatamente incorporados ao bem ou serviço que vise, única e exclusivamente, a preservação do meio ambiente, no momento da sua ocorrência, sendo que sua classificação contábil se dará no ativo imobilizado ambiental, desde que tais custos e/ou serviços aumentem a vida útil do bem complementa Raup (2002).

Os desafios recentes, trazidos pela imposição de padrões ambientais mais exigentes, têm feito com que as empresas se defrontem com "aumento de custos, perda da competitividade" (YOUNG; LUSTOSA, 2001) e "muita dificuldade em identificar e caracterizar a origem e a dimensão real dos seus custos de natureza ambiental" (SILVA, 2005). Contudo, "a contabilidade pode evoluir e se estruturar para atender as novas necessidades dos seus usuários", argumentam Vellani e Ribeiro (2009, p. 41), no sentido de prover os gestores de informações úteis para a tomada de decisões.

Nesse sentido, Hansen e Mowen (2003) identificaram e classificaram os custos ambientais em quatro tipos de atividades para que os gestores possam ter em mãos uma ferramenta de controle a acompanhamento desses custos. São elas:

a) atividades de prevenção: avaliar e selecionar fornecedores de equipamentos de controle da poluição. Projetar processos e produtos ecológicos, executar estudos ambientais, analisar riscos ambientais, desenvolver sistemas de gestão ambiental, obter certificado ISO 14001 etc.;

b) atividades de controle: auditar atividades ambientais, operar equipamentos de controle de poluição, inspecionar produtos e processos, desenvolver medidas de desempenho ambiental, testar contaminação, verificar desempenho ambiental de fornecedores, medir níveis de contaminação etc.;

c) atividades de reciclagem: tratar e descartar desperdícios tóxicos, manter equipamentos e programas de reciclagem, reciclar sucata etc.; e

d) atividades de recuperação: limpar lago poluído, limpar manchas de petróleo, limpar solo contaminado, indenizar danos pessoais (relaci-

onado ao meio ambiente), restaurar terra ao estado natural etc.

Contudo, vale ressaltar que são necessários esforços de todos os colaboradores da empresa para que haja a identificação, a coleta e a mensuração desses dados de custos de maneira eficiente e que esses sejam capazes de promover bases sólidas ao processo decisório.

3. A INTERNALIZAÇÃO DOS CUSTOS AMBIENTAIS DE UMA CONCESSIONÁRIA DE RODOVIAS

Os dados desta pesquisa de campo foram levantados por meio de questionários, entrevistas não padronizadas junto à gerência do meio ambiente da empresa e consultas ao *site* institucional. O questionário encontra-se dividido em duas partes: (1) a primeira caracteriza o perfil da organização pesquisada; (2) a segunda parte identifica quais são os custos com a preservação, proteção e recuperação do meio ambiente e como esses custos foram internalizados na contabilidade, e, por último, aborda a questão relativa aos motivos que levaram a concessionária a adotar a certificação ambiental. Por se tratar de um questionário semi-estruturado, sua aplicação permitiu que o respondente tecesse os comentários que julgasse pertinentes para melhor explicitar a forma que a concessionária utiliza para monitorar e contabilizar os custos com o meio ambiente.

3.1 Práticas ambientais

Este estudo de caso foi realizado em uma concessionária de rodovias que tem sua sede localizada no estado do Paraná. Foi constituída em 1997 como uma das iniciativas do Anel de Integração do Paraná que direcionou algumas rodovias de responsabilidade do Estado para a administração privada, contrato de concessão por vinte e quatro anos. A empresa tem seis praças de arrecadação no estado do Paraná, além de duas balanças fixas em Nova Esperança e Peabiru, uma balança móvel, que percorre o trecho, e o prédio da sede.

A empresa desenvolve projetos de reestruturação e administração de rodovias por concessão de serviços públicos no Paraná. Seis grandes empresas compõem o grupo majoritário de acionistas da concessionária. São elas: Carioca Christiani-Nielsen Engenharia S.A., Queiroz Galvão S.A., Strata Engenharia Ltda., Construtora Cowan S/A, Preservar Participações e Camargo Campos S/A Engenharia e Comércio.

A empresa evidencia por meio do *site* uma imagem de empresa ética, cidadã, social e ecologicamente responsável. Além do resultado econômico e financeiro do negócio, a organização divulga no site institucional que tem procurado identificar, prover soluções e retornar a sociedade parte do que tem recebido como pagamento de seus serviços. Os valores que a empresa procura disseminar entre seus colaboradores e comunidade são: profissionalismo, responsabilidade, diálogo, confiança e legalidade, trabalho em equipe, honestidade, humildade, igualdade, respeito e solidariedade.

A pesquisa realizada identificou as ações que a empresa desenvolve com a finalidade de contribuir para a preservação ambiental. Segundo a empresa pesquisada, os resíduos sólidos das obras de pavimentação asfáltica constituem-se de material fresado. Esse material, que, por muito tempo, foi considerado um rejeito da construção civil é reutilizado em 90%. A destinação mais comum é para a manutenção de vias de acesso secundário, ruas marginais, zona rural ou pavimentação de pátio de indústrias, e em parcerias com os municípios fazer a pavimentação de escolas. Os 10% restantes do material fresado são aproveitados para tampar erosões da zona rural ou urbana. Os programas ambientais adotados pela empresa podem ser visualizados no Quadro 2 (página seguinte):

Quadro 2 – Programa de gestão ambiental

Uso de papel reciclado	Foram substituídos os papéis A4 comuns por papel reciclado em todo serviço administrativo da empresa.
Programa de reciclagem	Implantação da coleta seletiva de lixo na sede e praças de pedágio. A coleta visa separar papel e plástico dentre outros materiais. Os resíduos sólidos são armazenados para posterior disposição desses materiais de forma ambientalmente correta. Mantém um programa de coleta e destinação de lâmpadas fluorescentes.
Participação no COPATI	Programa de Recuperação da Bacia do Rio Tibagi: a concessionária, em parceria com órgãos públicos e organizações não-governamentais, contribui para a preservação do Rio Tibagi e seus mananciais no Norte do Estado.
Educação ambiental	Oficinas de Trânsito com conceitos sobre preservação ambiental, que são trabalhados com crianças da terceira série do Ensino Fundamental de escolas situadas nos municípios alcançados pelo trecho sob administração da empresa. Este projeto é executado pela concessionária há 14 anos, atendendo escolas públicas e particulares. Mais de 42 mil crianças já passaram pela Oficina e, hoje, muitas delas já estão com habilitação em mãos. Além das crianças do ensino fundamental, são ministradas aulas para pessoas da melhor idade e da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE).
Monitoramento de cargas perigosas	Monitoramento de transporte de cargas que podem colocar em risco o meio ambiente.
Programa de ação em acidentes	Mantém técnicos treinados nos mais variados tipos de acidentes envolvendo cargas perigosas que estão sempre a postos para prestar o atendimento de emergência necessário, a fim de evitar danos ao meio ambiente.
Uso de plástico oxibiodegradável	Todos os sacos plásticos utilizados são feitos de material oxibiodegradável. Este plástico é deteriorado naturalmente em no máximo 18 meses, o que significa uma grande vantagem ambiental, já que os plásticos convencionais demoram de 25 a 50 anos.
Projeto Mata Ciliar	Parceira com ONG Funverde no projeto que realiza a recomposição da mata ciliar dos principais rios e córregos da cidade onde está localizada a concessionária. Além da contribuição para garantia do abastecimento de água do município, o projeto contempla ainda a recomposição do *habitat* de espécies da fauna e flora desses rios.

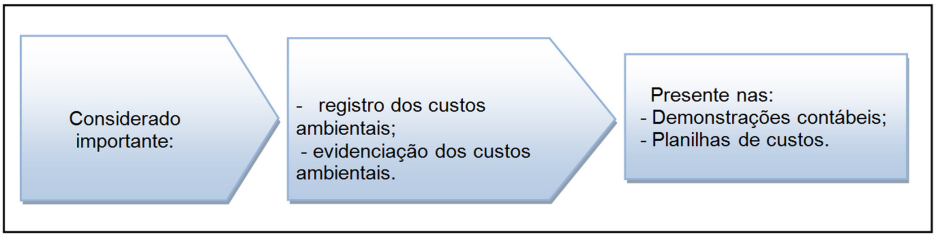
Fonte: Elaborado pelas autoras (2012)

A consolidação desses programas implantados contribuiu para que a empresa conseguisse obter o certificado da ISO 14000 em 2008. Essas iniciativas já indicam que a empresa desenvolva ações voltadas para a sustentabilidade. Quando questionada sobre os motivos pelos quais a empresa adotou a ISO 14000 obteve-se a seguinte resposta: a iniciativa foi da alta direção em representatividade da política ambiental da empresa, que estabeleceu metas para a preservação dos recursos naturais utilizados, para a preservação da poluição e para o desenvolvimento da

consciência ambiental dos seus colaboradores, fornecedores e comunidade. A empresa declarou que as suas atividades estão em conformidade com as leis e normas ambientais aplicáveis.

Uma das indagações direcionadas à empresa foi no sentido de avaliar se o gestor considera o registro e a evidenciação dos custos ambientais na contabilidade: (a) muito importante, (b) importante, (c) pouco importante, ou (d) sem observações. A resposta assinalada mostrou que a empresa considera importante tanto o registro como a evidenciação dos custos ambientais na contabilidade, como observa-se na Figura 2.

Figura 2 – Importância do registro e evidenciação na contabilidade

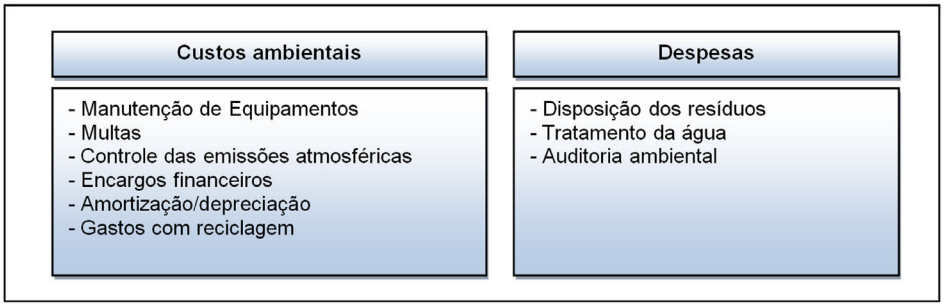


Fonte: Elaborado pelas autoras (2012)

Esta pesquisa se limitou a analisar as respostas apresentadas no questionário encaminhado. Vale ressaltar que não foram confirmados se tais informações constam efetivamente nos registros contábeis da empresa ou nas demonstrações contábeis publicadas. Em conformidade com o questionário respondido verificou-se que a empresa diferencia no dia a dia das suas atividades o registro dos custos ambientais das despesas ambientais. Os gastos que frequentemente aparecem em suas atividades são: tratamento da água, controle das emissões atmosféricas, disposição dos resíduos, manutenção de equipamentos e gastos com auditoria ambiental.

Pode-se visualizar na Figura 3 (página seguinte) os gastos que a empresa pesquisada considera como conta de custos e despesas.

Figura 3 – Gastos registrados na contabilidade como custos e despesas ambientais



Fonte: Elaborado pelas autoras (2012)

Com relação a rotina de operacionalização contábil, a empresa segue-a à risca. As separações entre Despesas e Custos e os encaminhamentos dados a estes itens, são realizados de acordo com as indicações normativas da contabilidade: apenas os custos são alocados aos serviços prestados; as despesas vão para o resultado. A empresa respondeu que os gastos com mão de obra na área de meio ambiente não estão classificados nem como custos ou despesas ambientais. Pode-se entender que os gastos com pessoal na área do meio ambiente ainda não estão segregados das demais áreas da empresa.

A empresa pesquisada respondeu que ainda não são registrados na contabilidade, de forma separada dos demais gastos da empresa, alguns gastos de natureza ambiental como, tecnologia, tratamento de resíduos, encargos financeiros, indenização e gastos com reciclagem. Esses gastos estão internalizados na empresa, porém, não registrados juntamente com os demais gastos operacionais, ou seja, não há ainda a segregação daquilo que é ou não de natureza ambiental. Isto pode se explicado pela dificuldade em determinar exatamente qual gasto será registrado como ambiental. Muitas vezes, nem os custos ou as despesas relativas à proteção ambiental ocorrem em uma área específica que possibilita a identificação do gasto de forma imediata e clara. É preciso investigar cada um dos departamentos ou setores de trabalho da empresa para identificar onde são realizadas as atividades inerentes a questão ambiental.

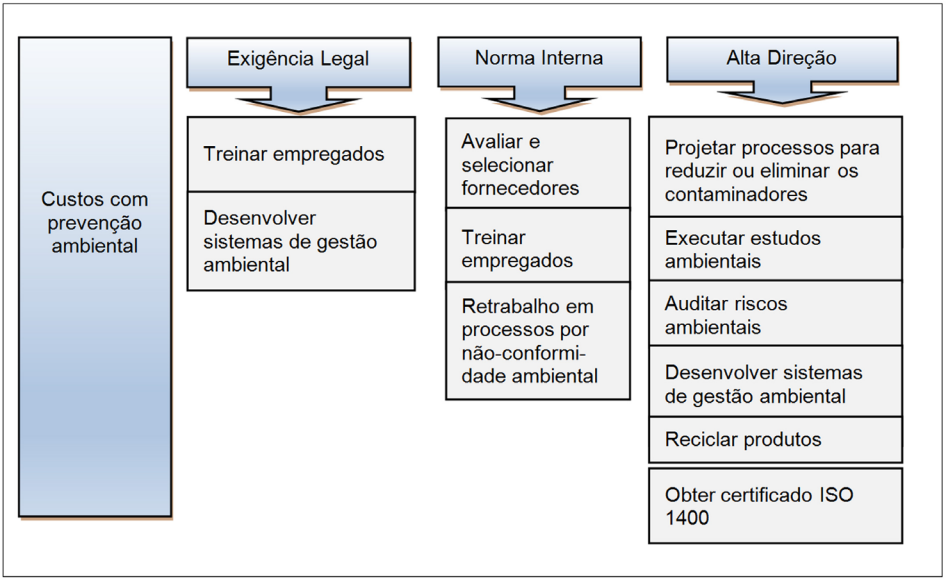
A empresa controla parcialmente os seus custos de natureza

ambiental. Aqueles que estão ocultos em etapas do processo produtivo ou que não são facilmente identificáveis são registrados juntamente com os demais custos operacionais. Sabe-se que alguns gastos na área ambiental se tornaram compulsórios, diante das crescentes e rigorosas exigências dos órgãos de regulação. Frequentemente são publicados novos regulamentos para corrigir determinados impactos. Novas tecnologias menos poluentes são desenvolvidas e, de certa forma, levam a empresa a adquiri-la. Essas ações implementadas consistem em um facilitador na identificação dos custos ambientais.

3.2 A internalização dos custos ambientais

Para fins de se determinar se a empresa pesquisada está internalizando os custos ambientais, o questionário aplicado identificou quais são as principais atividades realizadas na empresa que visam à prevenção ambiental. Esses gastos foram separados em três classes, a saber: exigência legal, norma interna e alta direção, conforme consta na Figura 4.

Figura 4 – Custos com prevenção ambiental



Fonte: Elaborado pelas autoras (2012)

Os custos com prevenção ambiental assinalados com maior frequência foram aqueles exigidos pela alta direção da empresa, conforme Figura 4. Constata-se também que os custos com treinamento de empregados na área ambiental foram realizados tanto por exigência legal, exigência de mercado e como uma norma interna. A empresa assinalou que não estão internalizados os custos ambientais com: avaliação e seleção de equipamentos de controle da poluição, pesquisas ambientais e com testes e medições dos níveis de contaminação.

A pesquisa mostrou, também, que a média de investimentos na área ambiental no período analisados em relação ao total de investimentos foi declarada como representando menos de 1%. A empresa pesquisada respondeu que os custos de implantação da ISO 14000 foram de aproximadamente 0,4% dos custos totais anuais da empresa.

Questionou-se ainda a existência de um controle efetivo dos custos ambientais na contabilidade e se estes são repassados para o consumidor final. A este questionamento foi obtido à seguinte resposta: hoje os custos ambientais não estão sendo incorporados ao custo do serviço prestado. No entanto, os custos ambientais são registrados na contabilidade e controlados em planilhas de custos para fins de análise e decisão. Diante desse cenário, nota-se que a empresa pesquisada considera a controle dos custos ambientais como um instrumento gerencial importante para a administração do negócio.

Para fins de se internalizar os custos ambientais na empresa os gestores executam as seguintes ações: (a) segregação dos resíduos recicláveis e a posterior venda deste material; (b) redução de consumo de energia elétrica com a substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes; renovação/substituição de aparelhos como monitores de computadores, ar-condicionado, e outros aparelhos elétricos. Na aquisição de aparelhos eletroeletrônicos e demais produtos que estejam contemplados na Tabela Comparativa Consumo/Eficiência disponibilizada pelo INMETRO é considerado no processo de análise das cotações, o parâmetro de consumo de energia elétrica estabelecido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL; (c) campanhas internas diversas, quanto ao uso do papel de escritório, assim redu-

zindo o consumo.

Pelos estudos já publicados e ratificados por esta pesquisa nota-se uma tendência, ainda tímida, de introduzir o controle do custo ambiental nos interesses e nas necessidades das empresas modernas. Contudo, sabe-se que sistema produtivo vigente deve alinhar suas atividades ao conceito da sustentabilidade ambiental com vistas à sua manutenção e sobrevivência.

Cabe citar que para um empreendimento ser sustentável é preciso levar em conta quatro requisitos: a) ser ecologicamente correto; (b) ser economicamente viável; (c) ser socialmente justo; e (d) ser culturalmente aceito. A integração desses requisitos pode tornar um negócio sustentável (GVCES, 2009) e, além disso, pode gerar valor para o acionista (EPELBAUM, 2004). Diante desta visão, uma empresa pode ser considerada sustentável se gerenciar e conseguir bons resultados nas áreas econômica, ambiental e social, concomitantemente (KURNIAWAN; WIBOWO, 2017).

As empresas modernas precisam se conscientizar na necessidade de buscar uma interação progressiva com o meio ambiente e com a sociedade onde está inserida, pois isto se reflete na otimização dos seus recursos com responsabilidade social, diminui os custos de fabricação e contribui para a conquista de novos mercados por meio da consolidação de uma bandeira focada na preocupação com o seu futuro e do planeta.

4. CONCLUSÃO

A sociedade organizada está progressivamente mais consciente e preocupada com as questões ambientais, tanto no que se refere à degradação, quanto à preservação realizada pelo homem. Durante séculos as empresas têm deixado sequelas no meio ambiente e invariavelmente a toda sociedade. Diante disso, as empresas vêm sofrendo pressões para que executem suas atividades de forma ambientalmente responsável, visando o desenvolvimento sustentável, principalmente aquelas com maior probabilidade de gerar impactos negativos ao meio ambiente, como é o caso da empresa deste estudo.

Existe uma expectativa da sociedade de conhecer o desempenho ambiental das empresas. Nesse sentido, os gestores já perceberam a necessidade de expandir o atendimento à demanda de informação ambiental e gradativamente tem reagido optando por incluir em suas estratégias práticas e ações voltadas para as questões ambientais.

Percebe-se, todavia, que além das ações gerenciais em direção a sustentabilidade ambiental, os estudiosos têm chamado a atenção para se internalizar na contabilidade todos os custos com a preservação, proteção e recuperação do meio ambiente.

Em atendimento ao objetivo deste estudo, conclui-se que para a identificação dos custos ambientais a empresa pesquisada se apoia no sistema de gestão ambiental implantado e certificado pela ISO 14000, tem se adequado às normas legais em vigência e nas normas internas da empresa. A pesquisa mostrou que a empresa avalia e monitora os seguintes custos com a prevenção ambiental: avaliar e selecionar fornecedores; projetar processos para reduzir ou eliminar os contaminadores; treinar empregados; executar estudos ambientais; auditar riscos ambientais; desenvolver sistemas de gestão ambiental; reciclar produtos; retrabalho em processos por não-conformidade ambiental e obter certificado ISO 14000.

Assim, os custos ambientais passaram a ser identificados a partir da implantação do sistema de gerenciamento. Além disso, a empresa considerou que tanto o registro como a evidenciação dos custos ambientais na contabilidade são fatores importantes e aparecem nas demonstrações contábeis e nos relatórios de custos para fins de análise e decisão.

Conclui-se o seguinte panorama em relação aos custos ambientais na empresa pesquisada: a) existe ferramenta para o levantamento dos custos ambientais a partir do sistema de gestão ambiental implantado; b) conscientização da alta direção no controle dos custos ambientais; c) baixa representatividade dos custos ambientais de implantação da ISO 14000 em relação aos custos totais anuais da empresa; d) iniciativa de recorrer a auditoria ambiental para auxiliar na identificação dos custos ambientais; e) os custos ambientais não são incorporados ao preço final dos serviços prestados; f) registro como custos ambientais dos gastos

com manutenção de equipamentos, multas e controle das emissões atmosféricas; g) os gastos com pessoal na área de meio ambiente ainda são registrados separados dos demais gastos da empresa; g) não estão internalizados os custos ambientais com a avaliação e seleção de equipamentos de controle da poluição, pesquisas ambientais e com testes e medições dos níveis de contaminação.

Para fins de se internalizar os custos ambientais na empresa os gestores mantêm os programas ambientais que visam a reciclagem, a redução de consumo de energia elétrica. Contudo, alguns custos não foram internalizados pela dificuldade em diferenciá-los dos demais custos operacionais.

Conclui-se, também, que as estratégias ambientais da empresa consistem em reduzir dentro dos limites exigidos pela legislação ambiental a geração de resíduos poluentes, otimizar a qualidade ambiental nas suas rotinas de trabalho e manter o sistema de gerenciamento ambiental implantado.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial:** conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva, 2007.

BRAGA, B.; et.al. **Introdução à engenharia ambiental:** o desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2005.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 307 de 05 de julho de 2002. **Gestão de resíduos e produtos perigosos – tratamento.**

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 448 de 08 de janeiro de 2012. Altera a Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do **Conselho Nacional do Meio Ambiente**.

DALLMANN, D. K.; GOMES, L. F.; BRUNO, G. R. Reutilização do resíduo produzido pela fresagem de asfalto nas Rodovias da região sul em vias não pavimentadas. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, XVI, 2007, Rio Grande do Sul. **Anais eletrônicos**... Pelotas: UFPel, 2007.

DONAIRE, D. Gestão ambiental na indústria. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 1997, São Paulo. **Anais...**

EPELBAUM, M. **A influência da gestão ambiental na competitividade e no sucesso empresarial.** 2004. 190p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo. 2004.

FERREIRA, A. **Contabilidade ambiental:** uma informação para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Atlas, 2003.

GVCES, Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas. Institucional. Apresentação. **Sustentabilidade Empresarial.** Disponível em: http://ces.fgvsp.br/?suseaction. Acesso em 10 set. 2009.

HANSEN, D.; MOWEN, M. **Gestão de custos:** contabilidade e controle. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

KURNIAWAN, B. D. D; WIBOWO, A. J. The influence of corporate social responsibility disclosure to corporate financial performance (empirical study of the companies that always listed on sri kehati index during the Period 2010-2014). **MODUS,** v. 29, n. 1, p. 69-89, Indonesia, 2017.

ONU. Povos resilientes, planeta resiliente: um futuro digno de escolha. **Painel sobre Sustentabilidade Global.** 2012. Disponível em: https://nacoesunidas.org/painel-da-onu-sobre-sustentabilidade-global. Acesso em: 18 set. 2018.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Accounting and reporting for environmental liabilities and costs within the existing financial reporting framework.** Disponível em: http://www.unctad.org. Acesso em: 12 nov. 2002.

RAUP, E. H. Desenvolvimento sustentável: a contabilidade num contexto de responsabilidade social de cidadania e de meio ambiente. **Revista de Contabilidade do CRC-SP,** São Paulo, n. 20, ano VI, jun. 2002.

RIBEIRO, M. S. **Contabilidade ambiental.** São Paulo: Saraiva, 2010.

ROCHA, A. C. C. **Práticas sustentáveis na construção civil:** um estudo de múltiplos casos em Natal. 2016. 125p. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

ROGERS, G.; KRISTOF, L. Reducing operation and product costs through environmental accounting. **Environmental Quality Management,** v. 12 n. 3, Spring, 2003.

SILVA, H. V. **Custos e proveitos ambientais nas empresas do setor elétrico:** contributo para uma proposta de divulgação e relato. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE COSTOS, IX, 2005, Brasil. **Anais eletrônicos**... Disponível em: <https://intercostos.org/documentos/congreso-09/custos_78.pdf>. Acesso em 07 jun. 2012.

SILVA, M; THEIS, V; SCHREIBER D. Análise dos investimentos e custos ambientais de uma indústria de alimentos para animais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, XXIII, 2016, Porto de Galinhas, PE. **Anais eletrônicos**... São Leopoldo: Associação Brasileira de Custos, 2016. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais>. Acesso em 08 ago. 2018.

SMITH, D. **As empresas e o meio ambiente:** implicações do novo ambientalismo. Madrid: Instituto Piaget, 1995.

TINOCO, J. E. P.; KRAEMER, M. Elisabeth. **Contabilidade e gestão ambiental.** São Paulo: Atlas, 2004.

UNCTAD/ISAR- United Nations Conference on Trade and Development/ Intergovernamental Working Group of Experts on International Standandards of Accounting and Reporting. **Environmental financial accounting and reporting at the corporate level**. United Nations: Geneva, 1998. Disponível em: http:///www.unctad.org. Acesso em: 05 out. 2004.

VELLANI, L. C.; NAKAO, S. H. Investimentos ambientais e redução de custos. **Revista de Administração da UNIMEP,** Piracicaba, v. 7, n. 2, 2009.

VELLANI, L. C.; RIBEIRO, M. S. Sistema contábil para a gestão da ecoeficiência empresarial. **Revista Contabilidade & Finanças,** São Paulo, v. 20 n. 49, p. 25-43, jan./abr. 2009.

YOUNG, C. E.; LUSTOSA, M. C. Meio ambiente e competitividade na indústria brasileira. **Revista de Economia Contemporânea,** Rio de Janeiro, v. 5, 2001.