

LIGHT STEEL FRAMING: DESEMPENHO TÉRMICO

PEREIRA, Alex da Costa

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(alexcost.93@gmail.com)*

COELHO, Diego Sousa

*Aluno, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(dsctj@hotmail.com)*

NASCIMENTO SILVA, Fabrício

Professor Mestre, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (fabriciolegal@hotmail.com)

RESUMO

Nunca se falou tanto em sustentabilidade como nos últimos anos e, o desempenho térmico, tem um papel muito importante nesse tema, pois uma edificação com uma boa eficiência térmica significa uma residência que consome menos energia elétrica, principalmente, em regiões do Brasil em que o clima é consideravelmente quente, como na região Centro-oeste do nosso país. O *light steel framing*, um sistema construtivo que teve origem na América do norte, se destaca muito no que tange a sustentabilidade por oportunizar uma construção que não se gera muitos resíduos e, grande parte dos produzidos é reciclável, ademais - se tem um baixo consumo de água, sendo essa técnica conhecida como construção seca. O Brasil é muito heterogêneo no seu clima, sendo dividido em oito zonas bioclimáticas, contendo desde regiões bem frias, como o sul do país, até regiões muito quentes - como no nordeste. Nesse sentido, sabendo que o *light steel framing* se originou em um país que tem uma característica climática diferente do Brasil, o interesse de saber se esse sistema construtivo seria bem sucedido no cumprimento das normas de desempenho brasileiras deu origem a essa monografia. Logo, por meio dessa pesquisa foi proposta uma avaliação do desempenho térmico das vedações em *light steel framing* em comparação alvenaria convencional, descrevendo cada material que é utilizado na execução de cada tipo de vedação, juntamente com as normas que referenciam cada uma na sua fabricação. Na NBR 15220/2003 foi notado que para realizar esse comparativo têm-se três opções: o cálculo matemático simplificado, a simulação computacional e a medição *in loco*. Usando o cálculo simplificado, foi calculada a transmitância térmica e a capacidade térmica de cada uma das vedações. A NBR 15575/2013, que é a norma de desempenho, traz os índices mínimos ou máximos para cada um dos fatores mencionados acima, assim - comparando os valores encontrados com os estipulados em norma, concluiu-se que há o atendimento desse novo sistema construtivo aos requisitos de desempenho térmico nas vedações.

PALAVRAS-CHAVE

Construção leve. Redução de resíduos. Sustentabilidade. Pré-fabricado. Agilidade construtiva *Light steel framing*. Construção seca.

1 INTRODUÇÃO

O sistema construtivo *light steel framing* surgiu nos Estados Unidos, sendo derivado de outro sistema construtivo conhecido como *Wood Frame* que tinha a madeira como sua principal matéria prima. Somente depois de 1779, com a construção da ponte de ferro sobre o Rio Severn, o aço foi desenvolvido a ponto de se possibilitar a fabricação de perfis mais esbeltos e com resistência muito elevada, só então o aço veio tomando o lugar da madeira. O sistema *light steel framing* é a evolução do *Wood Frame* que tem a madeira como principal componente estrutural.

O sistema LSF chegou ao Brasil por volta de 1990 depois da segunda Revolução Industrial que impulsionou a indústria de aço. Nos dias atuais, o aço ainda apresenta valores bem tímidos, estima-se que apenas 0,5% das construções brasileiras foram concebidas por esse método construtivo.

2 METODOLOGIA

O trabalho aqui apresentado visa por meio de pesquisas exploratórias, realizar um comparativo de forma geral entre as vedações convencionais e as em *light steel framing*, por meio em livros, revistas, artigos, normas, monografia de especializações, dissertações de mestrado e normas pertinentes para se qualificar esse novo sistema construtivo no seu desempenho térmico, abordando o conceito de desempenho térmico, aplicando os requisitos normativos para verificar se o LSF apresenta um bom isolamento térmico em uma região fora de sua origem, com um clima totalmente diferente. Assim, os parâmetros da avaliação qualitativa do desempenho serão norteados por cálculos embasados pela NBR 15220 (ABNT, 2003).

3 CONFORTO TÉRMICO

Quando pensamos em conforto térmico em uma edificação, um dos itens mais importantes é o seu fechamento, que recebe em sua superfície externa a incidência dos

raios solares absorvendo o calor e transmite para o interior do ambiente. No centro-oeste, temos um clima tipicamente quente - quase todos os meses do ano, por isso - o conforto térmico em uma edificação tem se tornado cada vez mais importante pelo fato de se refletir no alto consumo de água e energia.

Atualmente, no Brasil, a NBR 15575 (ABNT, 2013) trata do desempenho de edificações habitacionais e a diretriz SINAT nº. 003/2012 - Revisão 01 sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço fabricados a frio com vedações em chapas delgadas, como *Light Steel Framing*, são os principais documentos nacionais que garantem o desempenho do LSF atualmente. A diretriz nº. 003/2012 traz parâmetros para o sistema LSF voltados para unidades térreas, sobrados isolados e geminados e edifícios multifamiliares com até 05 pavimentos visando à execução e define as características das estruturas, das vedações verticais externa ou interna, pisos e coberturas e índices de desempenho.

4 COMPONENTES LIGTH STEEL FRAMING

4.1 PERFIL METÁLICO

Os perfis de aço galvanizado, usados no LSF são os responsáveis pela estabilidade e resistência estrutural das edificações. Esse perfil possui uma camada de proteção obtida através da imersão do aço em zinco ou mesmo em uma liga contendo zinco, formando uma película resistente o suficiente para proteger o perfil metálico da ação de corrosão, o que aumenta sua vida útil. Os tipos de perfis mais utilizados são as guias e montantes enrijecidos, cartolas e cantoneiras e sua espessura pode variar de 0,8 mm até 2,9 mm (SANTIAGO, 2008).

4.2 REVESTIMENTO INTERNO E EXTERNO

Carmody e Weber (2007) comentam que o objetivo do material de revestimento protege a estrutura das intempéries e que deve ser escolhido com base no custo, estética,

durabilidade, requisitos de manutenção e impacto ambiental. Atualmente, no Brasil, se utiliza para vedação externa a placa cimentícia e para vedação interna placas de gesso acartonado, contudo, isso pode variar de acordo com a região de país.

4.3 ISOLANTE TÉRMICO

No Brasil, o mais comum é encontrar no mercado o isolamento feito com mantas e feltros. Não é usual a utilização de isolamentos soltos em forma de flocos, já a utilização das placas rígidas como EPS (poliestireno expandido), XPS (poliestireno extrudido), PUR (espumas rígidas de poliuretano) e PIR (espumas rígidas de polisocianurato) é modesta, pois possuem alto custo e pouca mão de obra especializada para execução. Os isolantes mais comumente usados são a lã de rocha e a lã de vidro. As figuras 7 e 8 mostram a lã de rocha e a lã de vidro.

5 DESEMPENHO TÉRMICO

Batista e Lamberts (2010) salientam que o comportamento térmico é definido pelas respostas da edificação a ação climática pelo lado externo e de fontes de calor internas devido ao uso. No Brasil, atualmente, existe uma norma que estabelece alguns parâmetros para se estabelecer o desempenho térmico essa norma é a NBR 15575 (ABNT, 2013). A norma de desempenho térmico NBR 15575-1 (ABNT, 2013) nos dá os valores máximos e mínimos que podem ser considerados aceitáveis no interior da edificação para as oito regiões climáticas brasileiras, como pode ser visto nas Tabelas 1 e 2. Segundo a norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013), as edificações precisam atender pelo menos o nível mínimo (M) de desempenho estabelecido, mesmo sendo informados os índices intermediário (I), satisfatório (S), recomenda-se que se disponibilizem as informações do desempenho obtido. Os parâmetros para os cálculos de desempenho térmico estão na Tabela 3.

Tabela 1 - Valores máximos de transmitância térmica

Transferência Térmica (U) W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	αa ≤ 0,6	αa > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

αa = α é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede

Fonte: Tabela 11 da NBR 15575 (ABNT, 2013).

Tabela 2 - Valores mínimos para a capacidade térmica

Capacidade Térmica (C) W/m ² .K	
Zonas 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem Requisito	≥ 130

Fonte: Tabela 12 NBR 15575 (ABNT, 2013).

Tabela 3 - Índices, fórmulas, variáveis

(continua)

Índices	Fórmulas	Variáveis	Conceito
Resistência dos elementos e componentes <i>unidade: m²K</i>	$R = e/\lambda$	e = espessura λ = condutividade	Quociente da diferença de temp. verificada entre a superfícies de um comp. pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário
Resistência térmica de camadas homogêneas e não homogêneas <i>unidade: m²K/W</i>	$R_t = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b} + \dots + \frac{A_n}{R_n}}$	* Ra, Rb, Rn são as resistências térmicas de superfície à superfície para cada seção (a, b, n); * Aa, Ab, An são as áreas de cada seção.	É o somatório das resistências térmica correspondentes às camadas de um elemento ou componente.
Resistência térmica total <i>unidade: m²K/W</i>	$R_T = R_{se} + R_t + R_{si}$	R _{se} e R _{si} Resistência térmica da camada de ar adjacente à superfície externa; interna de um componente que transfere calor por radiação e/ou convecção. Obtidos na tabela B1.	Somatório do conjunto de resistências térmica correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais interna e externa.

Tabela 3 - Índices, fórmulas, variáveis

(conclusão)

Índices	Fórmulas	Variáveis	Conceito
Transmitância Térmica unidade: W/(m ² K)	$U = 1/RT$	RT – resistência total	É o inverso da resistência térmica total.
Capacidade térmica das camadas unidade: J/m ² K	$C_t = \sum e_n \cdot c_n \cdot \rho_n$	<i>Em é a espessura da camada cn é o calor específico do material da camada ρ_n é a densidade de massa aparente do material da camada</i>	Quociente da capacidade térmica de um componente pela sua área.
Capacidade térmica dos componentes com câmaras homogêneas e não homogêneas	$C_T = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{C_{Ta}} + \frac{A_b}{C_{Tb}} + \dots + \frac{A_n}{C_{Tn}}}$	CTa, CTb, CTn são as capacidades térmicas do componente para cada seção (a, b, ..., n), Aa, Ab, ..., An são as áreas de cada seção.	Capacidade térmica de um componente plano constituído de camadas homogêneas e não homogêneas, perpendiculares ao fluxo de calor.

Fonte: NBR 15220 (ABNT 2003).

6 CÁLCULO COMPARATIVO NBR 15220 (ABNT 2003)

Nesse estudo foram seguidas as orientações da NBR 15220 (ABNT, 2003) que define os cálculos para se avaliar o desempenho térmico de toda uma edificação, para isso, foram calculados por meio de uma planilha no Excel os seguintes fatores: resistência térmica de cada material em suas várias camadas, transmitância térmica, capacidade térmica de cada material, o atraso térmico e o fator de ganho de calor. É importante mencionar que a NBR 15220 (ABNT, 2003) não traz um exemplo de cálculo para que seja aplicado ao *light steel framing*, por esse motivo foram desenvolvidos os cálculos seguindo mesmos padrões de cálculo que norteiam a verificação da alvenaria convencional.

Nos Quadros 1, 2, 3, 4, 5, encontram-se os parâmetros normativos para a avaliação do desempenho térmico das vedações em *light steel framing*.



Quadro 1 - Resistência Térmica Total (LSF)

Resistência Térmica Total (m ² . k/w)	
RT =	$R_{si} + R_t + R_{se}$
RT =	4,203587539

Fonte: AUTORES, 2018.

Quadro 2 - Transmitância térmica (LSF)

Transmitância Térmica (w/ m ² .k)	
U =	$1/RT$
U =	0,343808359

Fonte: AUTORES, 2018.

Quadro 3 - Capacidade térmica total (LSF)

Capacidade Térmica total da parede (KJ/(m ² .k)	
CT total=	28,45286554

Fonte: AUTORES, 2018.

Quadro 4 - Atraso térmico (LSF)

(continua)

Atraso Térmico		
Rt =	2,738597115	(m ² . k/w)
B 0 =	CT - CT externo	-
B 0 =	9,252865544	
B 1 =	$0,226 \times (B 0 / RT)$	-
B 1 =	0,763583516	
R ext. =	0,021052632	-
B 2 =	$0,205 \cdot (\lambda \rho c)_{ext} / Rt \cdot (R_{ext} - ((R_t - R_{ext}) / 10))$	
B 2 =	-19,51715608	-

Quadro 4 - Atraso térmico (LSF)

(conclusão)

$\phi =$	$1,382 \cdot Rt \cdot (\sqrt{B_1 + B_2})$	
$\phi =$	3,307230477	-

Fonte: AUTORES, 2018.

Quadro 5 - Fator de ganho de calor (LSF)

Fator de Ganho de Calor		
FS =	$4 \cdot U \cdot \alpha$	%
FS =	0,41257003	%

Fonte: Autores, 2018

7 CONCLUSÃO

Devido ao fato da NBR 15220 (ABNT, 2003) não contemplar as construções em LSF em seus cálculos, surgiu à necessidade de desenvolvê-los para o sistema construtivo em questão, foram feitos os cálculos também com bloco cerâmico da nossa região, de forma que, com os resultados obtidos, possibilitou-se um comparativo mais técnico. Dessa forma, embasado em resultados seguros, é possível afirmar se o *light steel frame* não é termicamente viável para a nossa região. No item 6.6 da NBR 15220 (ABNT, 2003) aponta-se que construções situadas na região 6 devem ter paredes pesadas para aumentar a inércia térmica da parede e, como foi observado, o *lighthsteelframing* tem como característica o fato de ser uma estrutura leve.

Em acordo com a norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013) parte 4 item 11, no que diz respeito a valores máximos e mínimos a serem adotados, a norma estabelece valores para a transmitância térmica das paredes externas e capacidade térmica de paredes externas, valores esses que devem ser atendidos.

A partir dos resultados obtidos para capacidade térmica, pode-se observar que a alvenaria convencional atingiu o resultado mínimo exigido em norma, diferentemente do sistema LSF que teve um valor muito inferior ao estabelecido, a norma 15575 (ABNT,

2013) item 11.2.2, tabela 14 traz um valor mínimo de capacidade térmica igual a 130 para a região 6 que é a região em estudo.

Em relação aos valores de atraso térmico e fator solar prescritos na norma 15220 (ABNT, 2003) e sendo o sistema LSF constituído de paredes leves, observou-se um bom desempenho no que diz respeito a esses dois valores.

Embasados na veracidade dos valores obtidos pode-se confirmar as orientações que feitas pela NBR 15220 (ABNT, 2003) parte 3 item 6.6 da tabela 17, vedação externa para a zona Bioclimática6 deve ser composta por paredes pesadas.

Assim sendo, concluiu-se que uma construção em LSF com a configuração dos componentes anteriormente descritos, não atendem a todas as observações, no quesito desempenho térmico, estabelecidas em norma, ficando em débito com o parâmetro capacidade térmica, ou seja, com uma quantidade de calor menor que a normatizada, essa parede aumenta sua temperatura podendo assim comprometer o conforto interno do ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: 2003.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: 2013.

ÂNGULO, Sérgio Cirell; ZORDAN, Sérgio Edurado; JOHN, Vanderley Moacyr. **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil.** 2001. 13 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Pcc - Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. Epusp, Usp, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/sustentabilidade.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2017.

ARAUJO, Alexandre Feller de. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de construção civil.** 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/84192>>. Acesso em: 02 out. 2017.

CARREGARI, Luana. **Light Steel Frame garante obras rápidas e limpas.** 2016. 25 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura., Escola Politécnica da Universidade

de São Paul, São Paulo, 2016. Disponível em:
<https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/light-steel-frame-garante-obras-rapidas-e-limpas_13620_10_0>. Acesso em: 18 nov. 2017.

DOMARASCKI, Conrado Sanches; FAGIANI, Lucas Sato. **Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional**. 2009. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2009. Disponível em:
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfqCMAC/estudo-comparativo-dos-sistemas-construtivos-steel-frame-concreto-pvc-sistema-convencional>>. Acesso em: 19 dez. 2017.

Empresa de pesquisa energética (EPE). **Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (Regiões E Subsistemas)**. 2017. 1f. Disponível em:
<[http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9tricaporclasse\(regi%C3%B5esesubsistemas\)%E2%80%932011-2012.aspx](http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9tricaporclasse(regi%C3%B5esesubsistemas)%E2%80%932011-2012.aspx)>. Acesso em: 27 nov. 2017.

FERREIRA, Vitor Pinheiro. **Estudo Comparativo entre Sistemas Construtivos: Alvenaria Convencional e Light Steel Frame**. 2016. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em:
<<https://repositorio.ucb.br/jspui/bitstream/123456789/8266/1/VitorPinheiroFerreiraTCCGRADUACAO2016.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2017.

FIORELLI, Flávio Augusto Sanzovo; HERNANDEZ NETO, Alberto; TRIBESS, Arlindo. **Avaliação de Estratégias para a Racionalização do Consumo de Energia em Edifícios com ar condicionado**. 2001. 8 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Pedro, 2001. Disponível em:
<<http://www.infohab.org.br/encac/files/2001/A0708.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

FLACH, Carlos Eduardo; KERN, Andrea Parisi. **Estimativa da Geração de Resíduos de Construção e Demolição em uma Cidade na Serra Gaúcha**. 2009. 3 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Pucrs- Pontífice Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em:
<http://www.pucrs.br/edipucrs/XSalaoIC/Engenharias/Engenharia_Civil/70596-CARLOS_EDUARDO_FLACH.pdf>. Acesso em: 01 out. 2017.

FRANZEN, Fabiani Pereira. **Análise do Desempenho Térmico e Acústico de Vedações Verticais Externas Executadas em Light Steel FRAMING**. 2015. 148 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <[http://calvados.c3sl.ufpr.br/bitstream/handle/1884/41973/R - D - FABIANI_PEREIRA](http://calvados.c3sl.ufpr.br/bitstream/handle/1884/41973/R-D-FABIANI_PEREIRA)>

FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **STEEL FRAMING: ARQUITETURA**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Instituto Brasileiro de Siderurgia/centro Brasileiro de Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em:

<http://www.arquitecturaenacero.org/sites/default/files/adjuntos/manual_steel_framing_arquitectura.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2017.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Eneid; PEREIRA, Cláudia Donald. **CASA EFICIENTE: Bioclimatologia e Desempenho Térmico**. 2010. 123 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em:

<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_I_WEB.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2017.

MADRUGA, Emerson Limberger. **Desempenho Térmico: Comparativo de Edificações em Light Steel Framing com Edificações em Bloco Cerâmico através de Simulação Computacional**. 2016. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre, 2016. Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/148699/001002197.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

MILAN, Gabriel Sperandio; NOVELLO, Roger Vagner; REIS, Zaida Cristiane dos. **A Viabilidade do Sistema Light Steel Frame para Construções Residenciais**. 2011. 20 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Utfpr, Ponta Grossa, 2011. Disponível em:

<file:///C:/Users/petram/Downloads/100752_viabilidade_do_steel_framing_pela_universidade.pdf>. Acesso em: 28 set. 2017.

ONU. **Relatório Brundtland “Nosso Futuro Comum”**. 1987. 1f. Relatório técnico-Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1987. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 03 out. 2017.

SILVA, Robson Rodrigo da; VIOLIN, Ronan Yuzo Takeda; SANTOS, Gisele Cristina dos. **Gestão da Água em Canteiros de Obras de Construção Civil**. 2013. 9 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Unicesumar – Centro Universitário Cesumar, Maringá, 2013. Disponível em:

<http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Robson_Rodrigo_da_Silva_2.pdf>. Acesso em: 03 out. 2017.

SOUZA, Eduardo Luciano de. **Construção Civil e Tecnologia: Estudo do Sistema Construtivo Light Steel Framing**. 2014. 137 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBD-AGWGDM/monografia_eduardo_luciano_ufmg_2014_vers_o_final.pdf?sequence=1>. Acesso em: 02 out. 2017.

VICHI, Flavio Maron; MANSOR, Maria Tereza Castilho. **Energia, Meio Ambiente e Economia: O Brasil no Contexto Mundial**. 2009. 12 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Departamento de Química Fundamental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em:

<http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/12309/art_VICHI_Energia_meio_ambiente_e_economia_o_Brasil_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27 nov. 2017.