Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPES – LATINDEX
Nº. 12 – Ano VI – 10/2017
http://www.ufvjm.edu.br/vozes

POTENCIAL DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO NA CONSTRUÇÃO DE CASAS POPULARES NA CIDADE DE TEÓFILO OTONI - MG

Profª. Drª. Raquel de Souza Pompermayer
Doutora em Ciências Florestais pela Universidade de Brasília - UNB
Docente da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
http://lattes.cnpq.br/4701309510886228
E-mail: raquel.pomper@ufvjm.edu.br

Arthur Moreira Novais
Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil
E-mail: arthur-novaeis@hotmail.com

João Vitor Soares Santos
Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil
E-mail: joaoemailufvjm@gmail.com

Marco Antônio Da Silva Pereira Junior
Bacharel em Ciência e Tecnologia e Bacharelando em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil
E-mail: marco_bct@hotmail.com

Mariana Silva Rodrigues de Souza
Bacharelanda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Brasil
http://lattes.cnpq.br/6710460234911749
E-mail: nanasrs@gmail.com

Resumo: Nos últimos anos, a construção civil tem se destacado como um dos setores responsáveis pela geração de novos empregos e, também, por atrair os investidores em busca do lucro imediato. Em contrapartida, um dos maiores desafios é aliar o desenvolvimento à sustentabilidade, uma vez que esse setor contribui sobremaneira na utilização intensa de recursos naturais e emissão de CO2 e de outros gases causadores do efeito estufa, responsável pelo aquecimento global. Nesse contexto, o trabalho analisa como a construção de casas com interesse social, projetadas na sua forma padrão, na Cidade de Teófilo Otoni, no Estado Minas Gerais, contribui para a emissão de CO_2 na atmosfera. Este fato se deve principalmente a utilização de materiais de construção convencionais, ao seu transporte e a um processo produtivo ainda artesanal praticado no país. A partir de um levantamento dos materiais de construção de maior frequência no mercado e de um padrão de habitação na cidade de Teófilo Otoni foi possível quantificar os impactos ambientais causados em termos de emissão de CO_2. Em seguida, estimou-se a redução das emissões do gás carbônico, conseguida pela substituição dos materiais convencionais pela madeira. Os resultados apontam que a redução cresce proporcionalmente com a quantidade de habitações construídas, podendo ter impacto positivo e bem considerável em grandes projetos.

Palavras-chave: emissões de CO_2, construção civil, efeito estufa, madeira.

Introdução

A construção civil embora desempenhe importante papel na geração de emprego e na economia, utiliza intensamente os recursos naturais, gerando resíduos e poluentes. Além disso, a produção dos materiais da construção civil ocasiona emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE), particularmente emissões de dióxido de carbono (CO_2). Em virtude da quantidade com que é emitido, as emissões de CO_2 representam aproximadamente 55% do total das emissões mundiais de Gases do Efeito Estufa (PÉLLICO NETTO et al., 2008). O tempo de sua permanência na atmosfera é, no mínimo, de 100 anos, indicando que as emissões de hoje têm efeitos de longa duração, podendo resultar em impactos no regime climático, ao longo dos séculos.

Os materiais que mais emitem gases causadores do Efeito Estufa são o cimento, cal, aço, agregados (areia e brita), cerâmica vermelha, queima de combustíveis fósseis e o transporte (IDD, 2001; John et al., 2005). Na realização das fundações ou estruturas de uma residência, o material mais comumente utilizado é o concreto armado. A utilização do concreto armado pode trazer impactos ao meio

ambiente, pois à extração dos materiais como cimento, areia, brita e aço, se não for realizada da maneira correta pode acarretar em problemas como alterações no leito dos rios, entre outros (SMA, 1997). A produção de cimento gera uma imensa carga de dióxido de carbono na atmosfera, para cada tonelada de cimento, cerca de uma tonelada de cimento é disponibilizada para atmosfera (CONPET, 2005).

Os processos envolvidos na construção civil, tais como a extração, a industrialização, o transporte e a execução são responsáveis pelo intenso consumo de material. Estima-se que cerca de, 50% da matéria prima bruta no Japão são consumidos pela construção civil (Kasai, 1998), enquanto os EUA a construção civil é responsável por 75% do consumo total de materiais (Matos e Wagner, 1999). Além da transformação destes materiais brutos em bens, muitas vezes a necessidade de transportar os materiais por longas distâncias exige uma quantidade adicional de recursos, ocasionando cargas ambientais significativas. Recursos adicionais de manutenção, desmobilização e demolição são consumidos após a etapa de construção do ambiente construído, em função disso, o setor é também responsável pelo consumo de parte significativa de energia, água e pela geração de poluentes (JOHN; AGOPYAN; SJÖSTRÖM, 2001).

A necessidade crescente do setor da construção civil pelos materiais utilizados em canteiros de obra, tais como o cimento, o aço e a cerâmica vermelha (tijolo) tem levado a busca por novas tecnologias para uma produção mais eficiente sem agredir o meio ambiente. John (2005) afirma que no Brasil a indústria de cimento é responsável por 10% de todas as emissões de CO_2. No mesmo direcionamento Demanboro et al. (2004) deduzem que a indústria do cimento é responsável por 7% da emissão do gás CO_2 na atmosfera anualmente e são lançadas 0,6 toneladas de CO_2 no ar a cada tonelada de cimento. Com uma produção anual de 38 milhões de toneladas de cimento Portland, o Brasil libera por volta de 22,8 milhões de toneladas ao ano de CO_2.

Já o aço utilizado como barras de estruturas ou esquadrias na construção civil é obtido a partir do acréscimo de carbono em determinadas quantidades ao minério de ferro para se chegar a uma resistência mecânica esperada. A produção desse material exige o minério de ferro, extraído da natureza em forma de óxido, e o carvão vegetal ou carvão mineral. Outro material de destaque é a cal (óxido de cálcio), produzida a partir da calcinação do calcário, que passa por temperaturas

entre 850º a 900º C em forno, ocasionando a emissão do CO_2 (MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2002). John et al. (2005) afirma que 1000 kg de calcário se igualam a 440 kg de CO_2 (1000 kg calcário = 440 kg CO2).

Somados aos impactos promovidos pelo aço e cimento, destacam-se os materiais agregados como a areia e a brita, que promovem degradação das áreas de extração da matéria- prima. Já que constituem um recurso não renovável, sua extração resulta na emissão de gases provenientes dos equipamentos mecânicos e geração de rejeitos (CYBIS e SANTOS, 2000).

Por último, a cerâmica é um dos materiais mais utilizados na construção civil como revestimento de pisos (MITIDIERI; CAVALHEIRO, 1988). Porém, no processo de queima para fabricação, onde as peças ganham resistência, ocorre uma grande emissão de dióxido de carbono, advindo da queima de biomassa como fonte de energia (lenha e serragem). De forma semelhante aos agregados, as cerâmicas vermelhas constituem recursos não renováveis, atuando na degradação das áreas de extração.

A substituição dos materiais convencionais, causadores da alta emissão de dióxido de carbono, por tecnologias apropriadas para a habitação ‘’limpa’’ da população ganha papel de destaque nesse setor. Como atrelar as tecnologias “limpas” ao pensamento das novas gerações futuras, no sentido de proporcionar uma produção mais eficiente sem agredir o meio ambiente. Trata-se de uma nova percepção de desenvolvimento do setor da construção civil, visto não apenas como oportunidade econômica de investimentos ou obtenção lucros, mas também proporcionar ganhos ambientais com a redução das emissões do gás carbônico na atmosfera.

A crescente preocupação com questões ambientais globais fez com que a mudança climática fosse introduzida na agenda política mundial, em meados da década de 1980. Na ocasião da Conferência das Partes, em 1997, realizada em Quioto no Japão, foi estabelecido um acordo, o Protocolo de Quioto, em que foram definidas metas de redução da emissão de GEE’s para os países integrantes, com critérios e diretrizes para a utilização de mecanismos de mercado. O protocolo estabeleceu Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, um mecanismo de flexibilização econômica, propondo que cada tonelada de CO_2 deixada de ser emitida ou retirada da atmosfera, por um país em desenvolvimento, poderá ser

negociada no mercado mundial por Reduções Certificadas de Emissões – RCE (ROCHA, 2003 ; PÉLLICO NETTO et al.,2008).

Nessa perspectiva, a madeira ganha papel de destaque, uma vez que apresenta um balanço ambiental positivo em relação a outros materiais de construção (ZENID, 2001). Trata-se de uma forma de mitigação ambiental, onde o setor tem a possibilidade de compensar suas emissões de CO_2 por meio da fixação de carbono realizado por árvores durante o seu crescimento e desenvolvimento. Assim, o CO_2 que é lançado na atmosfera é retirado pelas florestas, ou seja, é neutralizado.

Segundo Oliver (2014), apenas 20% da madeira em pleno crescimento é consumido (3,4 bilhões de metros cúbicos de 17 bilhões). E se o consumo de madeira aumentar, passando dos atuais 20% para 34%, os efeitos serão positivos para o meio ambiente. A produção de concreto armado responde por 16% do consumo de combustíveis fosseis. Assim, a substituição de aço e concreto utilizados na construção civil pela madeira, promove ganhos em termos de redução de CO_2 na atmosfera, da ordem de 14 a 31% (JATOBA, 2015).

Em geral, a madeira pode ser empregada em estruturas de uma casa, tais como, telhados, pilares de sustentação, acabamentos, forros, pisos, bem como incrementar determinados pontos, sendo possível construir casas inteiras que utilizam esse tipo de material. A madeira só não é indicada para áreas que apresentam alta incidência de água, pois ela pode absorver o líquido e apodrecer. Constitui-se num excelente material de construção, em comparação com os demais materiais de construção, apresentando vantagens peculiares (CARRASCO; MOREIRA, 2003). Os autores destacam o quão importante é o conhecimento das diferentes propriedades e atributos da madeira para viabilizar sua correta utilização. Desse modo, a madeira vem revelar-se como um material atraente e promissor, ganhando seu espaço e desempenhando sua função na construção civil.

A madeira é um dos materiais mais utilizados em arquitetura e engenharia civil. Nos seus diferentes modos de utilização, a madeira pode fazer parte de vários ambientes, principalmente nas estruturas, coberturas, móveis rústicos e decorações, podendo ser utilizada ainda no uso para acabamento interno da casa, como em batentes, portas e pisos (assoalhos, tacos, entre outros). O que se verifica é o aperfeiçoamento das técnicas de construção com esse material, que atrai não só

pela beleza, mas também pelo isolamento térmico e acústico que proporciona, por sua resistência e até diminuição dos custos da obra.

Cada vez mais edifícios são construídos com a utilização de madeira certificada nas obras e a instalação de sistemas de conservação de água e energia. Atualmente, as indústrias passam por explicações de forma mais clara e transparente a respeito das formas de plantio e colheita e de questões como manejo sustentável. Um aspecto importante é o aumento de inovações de sustentabilidade na cadeia produtiva da construção com madeira.

A madeira pode ser utilizada nesse processo em carpetes de madeira, assoalho e tacos. Conforme Rodel (2005) na substituição da madeira por outros materiais a emissão seria negativa. Outro caso é a substituição de forros de PVC, comumente utilizados pela sua facilidade de transporte e instalação e por apresentarem-se cada vez mais acessíveis. No entanto, a fabricação do PVC é intensiva em energia, devido à necessidade de separar o cloro do sódio. Assim a utilização de forros de madeira na construção traria o beneficio da economia de energia, reduzindo os níveis de CO_2 lançados na atmosfera, além de reter parte do carbono.

Nesse contexto, o trabalho busca quantificar a contribuição dos materiais mais utilizados nas etapas principais da construção de casas de interesse social, projetadas na sua forma padrão na Cidade de Teófilo Otoni, no Estado Minas Gerais. Também, estimou-se o potencial de redução das emissões do gás carbônico na atmosfera, conseguida pela substituição dos materiais convencionais pela madeira.

Materiais e Métodos

Os materiais convencionais selecionados neste estudo são aqueles mais utilizados nas etapas principais da construção civil. Assim, quantificaram-se as emissões de dióxido de carbono decorrentes da construção de habitações populares localizadas no bairro Jardim São Paulo na Cidade de Teófilo Otoni, no Estado de Minas Gerais. Como as unidades estudadas estão na forma padronizada, variações na quantidade de CO_2 alteram-se apenas com a diferença de área. Para quantificação das emissões adotou-se a planta baixa da construção, disponibilizada pelo setor de obras da Prefeitura Municipal de Teófilo Otoni.

A estimativa da contribuição das habitações de interesse social na emissão de CO_2 na atmosfera teve como referência os parâmetros determinados por Rodel (2005). O referido autor estima o potencial de emissão de CO_2 para diferentes materiais selecionados, determinado por meio do software *CES 4.2 Granta Design*. Os parâmetros de emissão de CO_2 nas principais etapas da construção civil, para os principais materiais convencionais empregados, estão apresentados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4. Tais parâmetros foram adotados para determinar a contribuição habitações de interesse social na emissão de CO_2

Tabela 1. Parâmetros dos materiais pela geração de CO_2 em *fundações e estruturas*

Materiais	Densidade (kg/m^3)	Produção de CO_2 (kg/kg)	Produção de CO_2 (kg/m^3)
Madeira	700 a 1350	-1,10 a -1,05	(-) 735
Pedra natural (pedra grés, granito, etc.)	2500 a 2700	0,01 a 0,04	108
Concreto armado	2200 a 2600	0,16 a 0,18	468
Aço	7800 a 7900	1,90 a 2,30	18170

Fonte: Rodel (2005).

Tabela 2. Parâmetros dos materiais pela geração de CO_2 em *revestimentos de pisos*

Materiais	Densidade (kg/m^3)	Produção de CO_2 (kg/kg)	Produção de CO_2 (kg/m^3)
Madeira	700 a 900	-1,10 a -1,05	(-) 735
Melamínicos	600 a 900	-0,90 a -0,80	(-) 480
Pedra natural (pedra grés, granito, etc.)	2500 a 2700	0,01 a 0,04	108
Vinílícos	1000 a 1500	1,90 a 2,10	2625
Cerâmica	2500 a 2600	1,80 a 2,00	5200
Carpetes Têxteis	1000 a 1200	4,00 a 4,50	5400

Fonte: Rodel (2005).

Tabela 3. Parâmetros dos materiais pela geração de CO_2 em *vedação de paredes*

Materiais	Densidade (kg/m^3)	Produção de CO_2 (kg/kg)	Produção de CO_2 (kg/m^3)
Madeira	700 a 900	-1,10 a -1,05	(-) 735
Concreto celular autoclavado	400 a 900	0,16 a 0,18	162
Blocos de concreto	1400 a 1600	0,16 a 0,18	288
Placas cimentícias	1400 a 1700	0,16 a 0,18	306
Tijolos e blocos cerâmicos	1900 a 2100	0,14 a 0,16	336

Fonte: Rodel (2005)

Tabela 4. Parâmetros dos materiais pela geração de CO_2 em *forros*

Materiais	Densidade (kg/m^3)	Produção de CO_2 (kg/kg)	Produção de CO_2 (kg/m^3)
Madeira	700 a 900	-1,10 a -1,05	(-) 735
PVC	1200 a 1600	1,70 a 2,00	3200

Fonte: Rodel (2005)

Neste estudo, como materiais os materiais a serem substituídos adotaram-se forro de PVC e o piso convencional de cerâmica, em razão da praticidade de troca ou aplicação. Os parâmetros estimados por Rodel (2005) e apresentados nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 serviram de base para estimar o potencial de redução de CO_2 substituindo-se o forro de PVC e o piso convencional de cerâmica por forro de madeira e por piso de tacos de madeira.

A área total (A_T) do corpo da casa popular analisada é calculada a partir da planta baixa, encontrada em Figura 1 (Anexa). No entanto, restringiu-se a área de implantação do piso de taco e do forro de PVC, considerando que as áreas do banheiro e da varanda não foram substituídas por madeira, devido à umidade e às intemperes causadas pelo meio. O procedimento de mensuração desconsiderou, também, a área das paredes da residência, pois tanto o piso quanto o forro são implantados após a construção das paredes. A equação 1 constitui o procedimento de determinação da área (A) onde o forro e o piso serão inseridos.

$$A = A_T - A_B - A_V - A_P \quad (1)$$

Onde,

A_T = área total construída da casa popular;

A_B = área do banheiro;

A_V = área da varanda;

A_P = área destinada para a construção das paredes.

O forro de PVC e o piso de cerâmica serão substituídos respectivamente por forro de madeira e piso de taco de madeira com espessura (e) padrão. Para obter-se

o volume do forro de madeira (V_{FM}) e o volume do forro de PVC (V_{FP}) definem-se equações 2 e 3.

$$V_{FM} = A * e \quad (2)$$

$$V_{FP} = A * e \quad (3)$$

Para obter-se o volume do piso de taco de madeira (V_{Ta}) e o volume do piso convencional de cerâmica (V_{Ce}) utiliza- equações 4 e 5, a seguir.

$$V_{Ta} = A * e \quad (4)$$

$$V_{Ce} = A * e \quad (5)$$

Pode-se obter o peso dos dois materiais em kg a serem substituídos, onde a densidade do material (γ) em kg/m³, peso (W) em kg e volume (V) em m³, adotando a densidade do material conforme a tabela de Rodel (2005). Desse modo, obtém-se o peso do forro de madeira através da Equação 6.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (6)$$

Para fins da estimativa da redução e emissão de CO_2 , recorreu-se aos parâmetros de Rodel (2005) determinados por quilogramas (Kg) de cada material considerado. Por último, comparou-se o potencial de redução das emissões do dióxido de carbono no caso estudado, com aqueles obtidos na literatura nacional e internacional, voltados à adoção de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL.

Resultados e Discussão

Na Tabela 5 está determinada a área do forro e do piso da habitação popular, conforme as dimensões $A_{T,}$ $A_{B,}$ $A_{V\ e}$ A_P extraídas da Figura 1. A partir da Equação 1, determina-se a área A de implantação do forro e do piso da ordem de 31,19 m^2.

Tabela 5. Determinação da área do forro e do piso implantados em m^2.

Variável	A_T	A_B	A_V	A_P	A
Valor (m^2)	41,16	2,14	2,86	4,97	31,19

O forro de PVC com espessura (e) de 10mm será substituído por forro de madeira com mesma espessura padrão e o piso de cerâmica, com espessura de 11 mm, será substituído por piso de taco de espessura de 20 mm. Assim, na Tabela 6 estão determinados, a partir das equações 2, 3, 4 e 5, os volumes do forro de madeira (V_{FM}), 0,3119 m³, do forro de PVC (V_{FP}), 0,3119 m³, do piso de taco (V_{Ta}), 0,6238 m³ e do piso de cerâmica (V_{Ce}), 0,3431 m³.

Tabela 6. Determinação do volume do forro e do piso em m³.

Variável	Área (m²)	Espessura (m)	Volume (m³)
V_{FM}	31,19	0,010	0,3119
V_{FP}	31,19	0,010	0,3119
V_{Ta}	31,19	0,020	0,6238
V_{Ce}	31,19	0,011	0,3431

.

Utilizando-se os parâmetros das tabelas 1, 2, 3 e 4 estimou-se a partir da Equação 6 os pesos dos materiais a serem substituídos. Os resultados estão apresentados na Tabela 7, com o peso do forro de madeira (W_{FM}) igual a 218,33 kg, com o peso do forro de PVC (W_{FP}) igual a 499,04 kg, com o peso do piso de taco (W_{Ta}) estimado em 436,66 kg e o peso do piso de cerâmica (W_{Ce}) estimado em 892,03 kg.

Tabela 7 – Determinação do Peso (W) do forro e do piso, em Kg.

Variável	Densidade (kg/m³)	Volume (m³)	Peso (kg)
W_{FM}	700	0,3119	218,33
W_{FP}	1600	0,3119	499,04

W_{Ta}	700	0,6238	436,66
W_{Ce}	2600	0,3431	892,03

Observando-se os parâmetros da Tabela 4, estimados por Rodel (2005), 1,00 kg de PVC com densidade de 1600 kg/m³ é responsável pela emissão de 2,00 kg de CO_2 na atmosfera. Assim, 499,04 kg de PVC atuam na emissão de 998,08 kg de CO_2. Por outro lado, relacionando-se os parâmetros da Tabela 2, onde 1,00 kg de cerâmica com densidade de 2600 kg/m³ contribuem com 2,00 kg de CO_2 na atmosfera, estimam-se que 892,03 kg de cerâmica é responsável pela emissão de 1784,06 kg de CO_2. Desse modo, em cada unidade de casa popular construída, estima-se que a cerâmica e o forro de PVC totalizam uma emissão de 2782,14 kg de CO_2 na atmosfera. As contribuições de cada material, bem como a emissão total de CO_2 por cada unidade construída estão ilustradas na Figura 2.

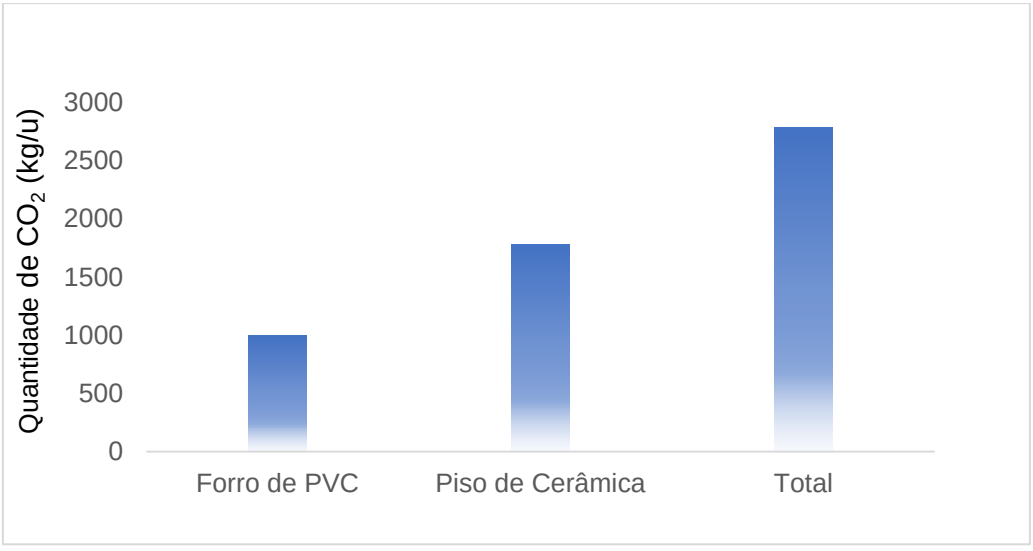

Figura 2. Estimativa das emissões de CO_2 em m^3 por habitação construída.

Além da estimativa de emissão de CO_2 proporcionada pelos materiais convencionais estudados, estimaram-se também as quantidades de emissões CO_2 que podem ser evitadas pela substituição desses materiais pela madeira.

Observando-se os parâmetros estimados por Rodel (2005), apresentados na Tabela 4, 1,00 kg de madeira com densidade de 700 kg/m³ remove 1,05 kg de CO_2 na atmosfera. Assim, estima-se uma remoção de 229,25 kg de CO_2 na atmosfera

com a substituição de 218,33 kg de forro de madeira. Como 1,00 kg de madeira com densidade de 700 kg/m³ atuam na remoção de 1,05 kg de CO_2 na atmosfera, segundo os parâmetros da Tabela 2, estima-se uma redução 458,49 kg de CO_2 na atmosfera pela substituição de 436,66 kg de piso de taco de madeira.

Desse modo, a substituição dos materiais convencionais estudados pela madeira, contribui para uma redução no total de 687,74 kg de CO_2 na atmosfera por habitação construída. A Figura 3, a seguir, ilustra as reduções de CO_2 promovidas pela substituição da cerâmica e do PVC por madeira, bem como o total das reduções na atmosfera.

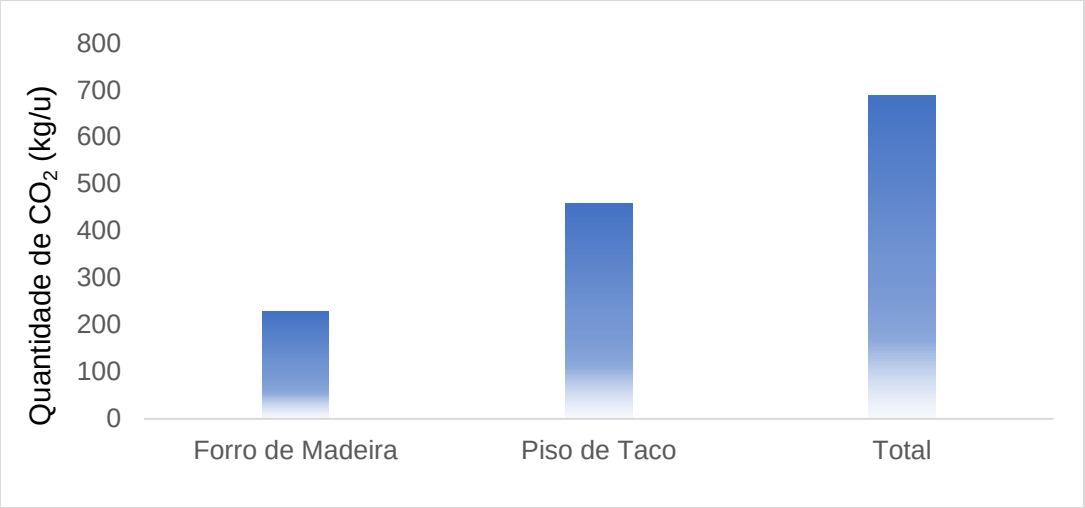

Figura 3. Estimativa das reduções de CO_2 na atmosfera por habitação.

A Figura 4 ilustra os valores determinados nas figuras 2 e 3, em termos comparativos, onde as emissões de CO_2 (valores positivos) causadas pelos dois materiais convencionais estudados estão confrontadas com as remoções de CO_2 da atmosfera (valores negativos) advindas da substituição pela madeira. Para cada unidade de habitação construída, observa-se que o forro de PVC e piso de cerâmica contribui com a geração de 998,08 kg de CO_2 e 1784,06 kg de CO_2, respectivamente. Em contrapartida, a substituição dos materiais convencionais por forro de madeira e pelo piso de taco promove uma redução de 229,25 kg de CO_2 e 458,49 kg de CO_2 na atmosfera, respectivamente.

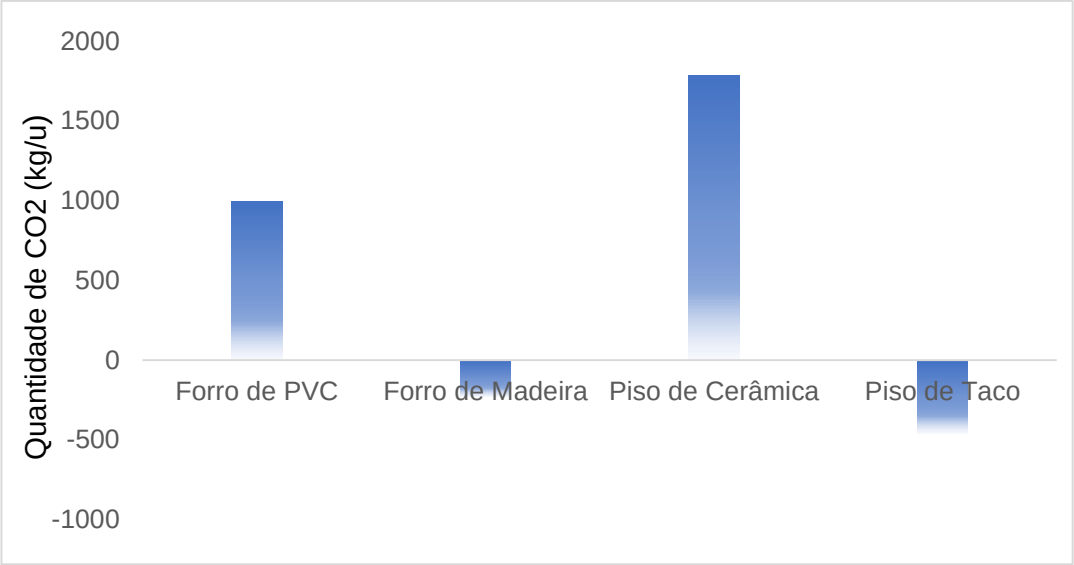

Figura 4. Potenciais emissões e reduções de CO_2 por unidade de habitação.

Já os potenciais globais de redução de CO_2 gerados pela substituição dos materiais convencionais para cada unidade de habitação construída, estão apresentados na Figura 5, a seguir.

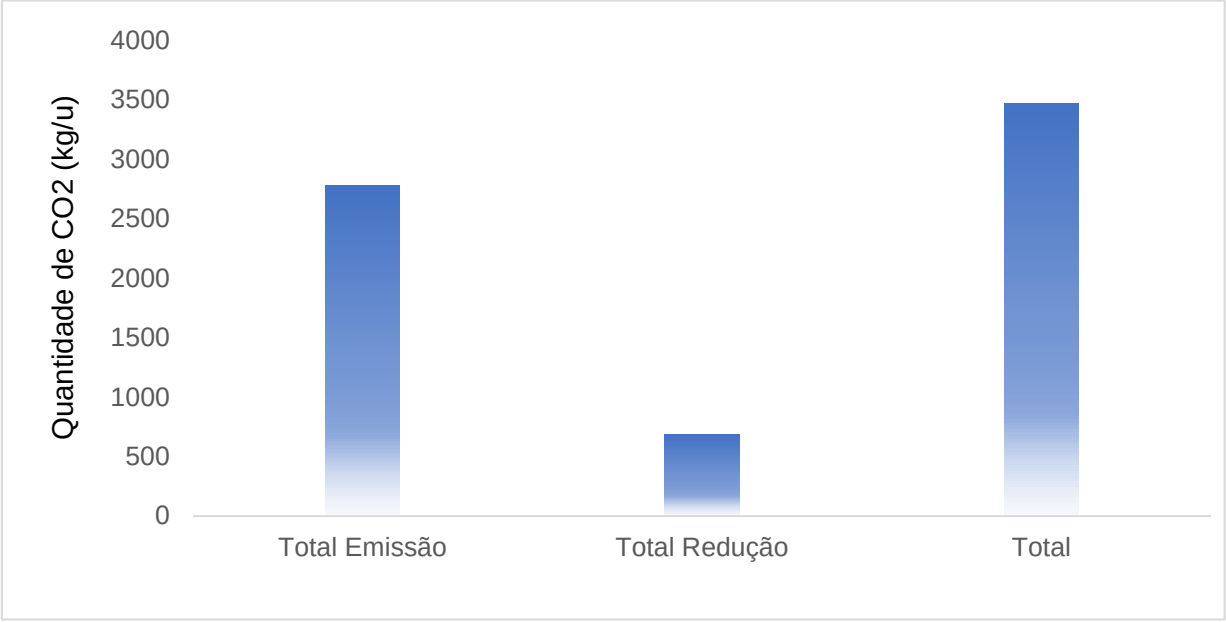

Figura 5. Estimativa do potencial global de redução de CO_2.

A Figura 5 as emissões totalizam 2782,14 kg de CO_2 e as reduções de CO_2 totalizam 687,74 kg de CO_2, por unidade de habitação. Esses quantitativos geram um potencial global de redução de CO_2 da ordem de 3469,88 kg de CO_2 por habitação. Por outro lado, em termos de obtenção de créditos de carbono, os

resultados apontam que seria necessária a substituição em aproximadamente 289 habitações populares para obter-se um crédito de carbono. Desse modo, os resultados obtidos neste estudo podem servir para comprovar que a melhor forma de se gerar créditos de carbono é meio de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, o que pode trazer reflexos economicamente positivos para empresas de construção civil.

Estudos realizados por Isaia e Gastaldini (2004), evidenciaram um potencial de redução total em uma residência da ordem de 5424,89 kg de CO_2. Um estudo do Instituto IDD – Institut Wallon – VITO (2001) constatou um potencial total de redução em uma residência da ordem de 6019,14kg de CO_2. Comparando-se com os resultados obtidos neste estudo, verifica-se uma vantagem em termos de redução, com uma magnitude de 3469,88 kg de CO_2 reduzidas na atmosfera apenas com a substituição em forros e pisos. Esse resultado indica que o potencial de redução poderia ser incrementado se a substituição por madeira fosse realizada em toda a unidade construída. No entanto, o estudo ficou limitado à necessidade de comprovação dos valores obtidos das emissões e redução de CO_2 por casa construída. Também não se incluem todos os outros materiais de construção utilizados nas obras das casas populares na área de estudo, para se determinar suas emissões de dióxido de carbono na atmosfera, com adequação aos parâmetros estimados por Rodel (2005).

Conclusão

Para cumprir a finalidade maior desse trabalho, orientada para a estimativa do potencial de redução da emissão de dióxido de carbono em uma habitação popular no município de Teófilo Otoni-MG, obteve-se de forma satisfatória a substituição dos materiais convencionais utilizados em forros e pisos pela madeira. Por meio de uma revisão bibliográfica, destacou-se a importância da discussão acerca do tema, principalmente quando se trata do efeito estufa, agravado pelo excesso de emissão de gases poluentes, como o dióxido de carbono. Constatou-se ainda, a madeira como uma alternativa promissora para aplicação em forros e pisos, devido a sua habilidade de absorver o CO_2 da atmosfera.

Os resultados evidenciam alto potencial de redução da emissão de CO_2 na atmosfera pela substituição de apenas dois materiais convencionais, em comparação com outros estudos. Esta estimativa cresce proporcionalmente com a quantidade de habitações construídas, indicando que a aplicação em grandes escalas terá um impacto positivo considerável, também em termos geração de créditos de carbono. Porém, o estudo se tratou apenas de uma estimativa com base em parâmetros da literatura, assim os resultados só poderiam ser constatados após uma aplicação real na construção.

Referências

ANDRADE, R. O; TACHIZAWA, T; CARVALHO, A. B. 2004. *Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável* (2ª ed.). São Paulo: Makron.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). Preservação de madeira. In: FÓRUM NACIONAL DAS ATIVIDADES DE BASE FLORESTAL, 2004. Artigo Técnico n.17, 4p. Disponível em: <www.abimci.com.br/index.php?option=com_docman...>. Acesso em: 16 dez. 2015.

CARRASCO, E. V. M.; MOREIRA, L. E. *Uso da madeira de eucalipto em projetos construtivos*. In: SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO, 2., 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SIF, 2008. p. 105-130.

CONPET. *Promovendo a eficiência energética nos automóveis brasileiros*. Preparado por L. A. Horta Nogueira e G. M. Branco. Rio de Janeiro: Conpet, Petrobras, 2005.

CYBIS, L. F; SANTOS, C. V. J. *Análise do ciclo de vida (ACV) aplicada à indústria da construção civil: Estudo de caso*. In: AMÚRICAS Y LA ACCIÓN POR EL MEDIO AMBIENTE EN EL MILENIO. ABES, 2000. p. 1-9 [t. VIII]. Disponível em: <http://www.ingenieroambiental.com/info/ciclodevida.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2015.

DEMANBORO, A. C.; FERRÃO, A. M. A.; MARIOTONI, A. *Desafios da Sustentabilidade sob o Enfoque do Estoque de Recursos Naturais*. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 2004, São Paulo. Resumos... São Paulo: ENTAC, jul. 2004, p. 9. Disponível em: <ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP0688d.pdf >. Acesso em: 23 nov. 2015.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

IDD - INSTITUT WALLON DE DEVELO PPEMENT ECONOMIQUE ET SOCIAL ET D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ASBL. IDD - Institut Wallon - VITO. Greenhouse gas emissions reduction and material flows. 2001. Disponível em: <http://www.belspo.be/belspo/home/publ/pub_ostc/CG2131/rappCG31_en.pdf> Acesso em: 17 de jul. de 2015.

ISAIA, G.; GASTALDINI, A., *Concreto "verde" com teores muito elevados de adições minerais: um estudo de sustentabilidade*. In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS DO AMBIENTE CONSTRUTIVO, 1., 2004, São Paulo. Resumos**...** São Paulo: ENTAC, jul. 2004, p. 15. Disponível em: <ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP0270d.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2015.

JATOBA, Ivana. *Uso Sustentável da madeira*. Disponível em: <http://www.universojatoba.com.br/sustentabilidade/consumo-consciente/uso-sustentavel-da-madeira>. Acesso em: 20 de set. de 2015.

JOHN, V. M. Construção sustentável x reciclagem. In: SEMINÁRIO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL DA FGV. São Paulo, 21 de junho de 2005.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V.; SJÖSTRÖM, C. 2001, *On agenda 21 for Latin America and Caribbean construbusiness - a perspective from Brazil*. Paper accepted by Building Research and Information

JOHNSON, Hugh. La Madera. Barcelona: Blume,1994.

KASSAI, Y. 1998, Barriers to the reuse of construction by-products and the use of recycled aggregate in concrete in Japan. Use of recycled aggregate. Dhir, Henderson & Limbachiya eds. Tomas Telford, p.433-444

KNIJINIK, R. *Energia e meio ambiente em Porto Alegre: bases para o Desenvolvimento*. Porto Alegre: UFRGS, 1994.

Matos, G; Wagner, L. 1999, Consumption of Materials in United States 1900-1995. US Geological Service 9p.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). *Programa brasileiro de biocombustíveis – probiodiesel.* 2002. Homepage. Disponível em: <http://dabdoublabs.com.br>. Acesso em: 18 fev. 2016.

MITIDIERI, C. V.; CAVALHEIRO, W. *Desenvolvimento de sistema construtivo em "painéis cerâmicos"*. Tecnologia de edificações. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: PINI, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Divisão de Edificações, v. 1, p. 175-178, 1988.

OLIVER, C. D. et al. *Carbon, fossil fuel, and biodiversity mitigation with wood and forests*. Journal of Sustainable Forestry, v. 33, ed. 3, p. 248-275, 2014. Disponível em: <www.tandfonline.com>. Acesso em: 20 set. 2015.

PÉLLICO NETTO, S. ; KAUANOB, É. E.; CORAIOLAC, M., WEBERD, S. H., ERDELYI, S. *Estimativa do Potencial de Neutralização de Dióxido de Carbono no Programa Vivat Neutracarbo em Tijucas do Sul, Agudos do Sul e São José dos Pinhais*, PR . Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient., Curitiba, v. 6, n. 2, p. 293-306, abr./jun. 2008.

ROCHA, M. T. *Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT*. Piracicaba: Marcelo Theoto Rocha, 2003.

RODEL, N. M. C. *Contribuição ao estudo do ecodesign na seleção de materiais para construção de residências unifamiliares em ambientes urbanos.* 2005. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5036>. Acesso em: 23 nov. 2015.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. *Gestão das águas: 6 anos de percurso*. São Paulo: SMA - Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, 1997. 2 cadernos, 128 p.

ZENID, G.J. *Qualificação de produtos de madeira para a construção civil.* In: SEMINÁRIO DE INDUSTRIALIZAÇÃO E USOS DE MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, 2., 2001, Caxias do Sul. Anais... Caxias do Sul: SINSIMADEIRA, 2001. p. 61-76

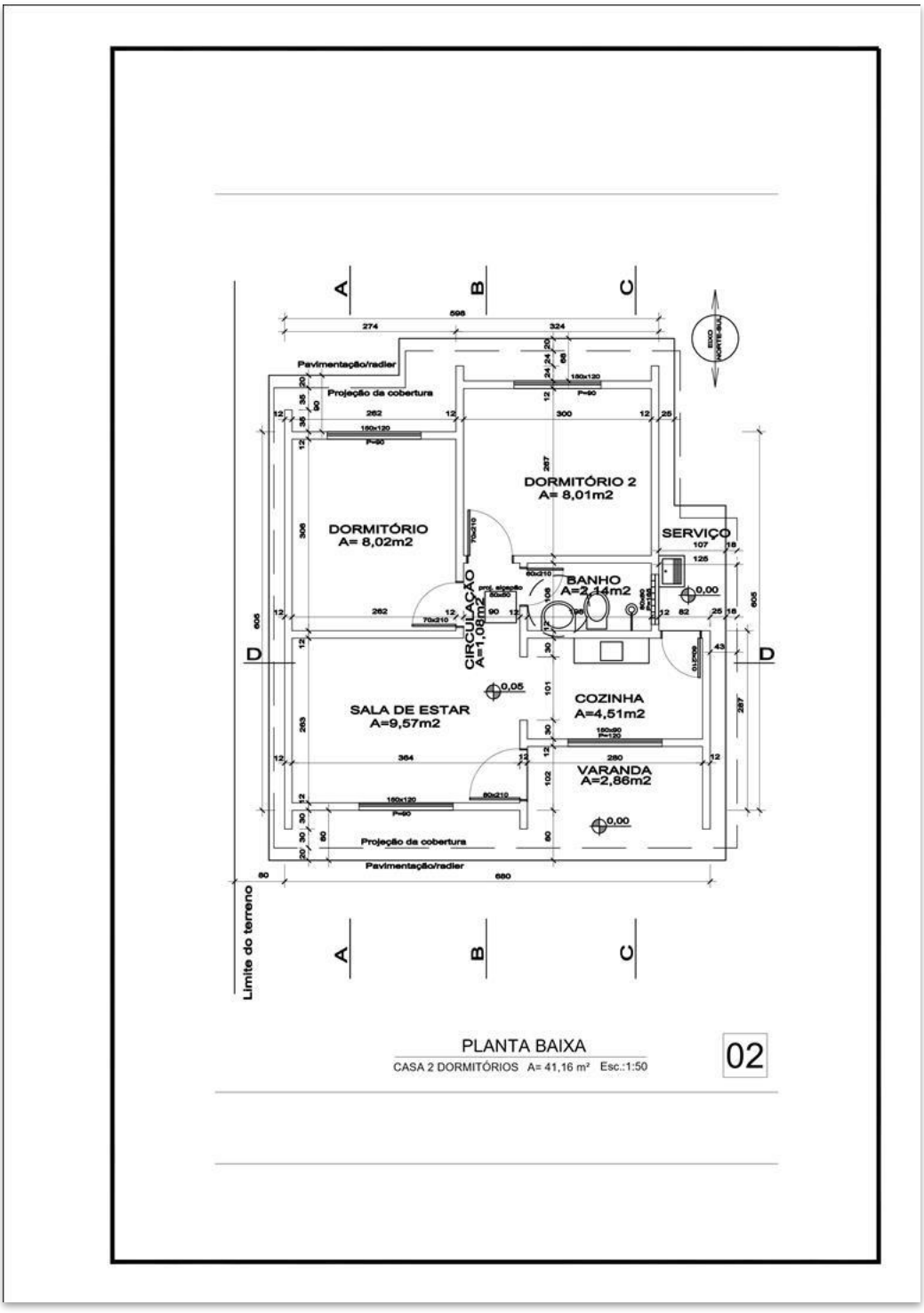

Figura 1. Planta baixa de casa popular da Prefeitura Municipal de Teófilo Otoni- MG.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - www.ufvjm.edu.br/vozes em: 10/2017

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

www.facebook.com/revistavozesdosvales

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424

Periódico Científico Eletrônico divulgado nos programas brasileiros *Stricto Sensu*

(Mestrados e Doutorados) e em universidades de 38 países,

em diversas áreas do conhecimento.