

### **III-395 - INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE GESSO DE CONSTRUÇÃO NA FABRICAÇÃO DE TELHA PLANA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva** <sup>(1)</sup>

Tecnóloga em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGES/UFRN). Professora Assistente da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA). Consultora da COPASA-MG. Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGEQ/UFRN).

**José Jesu Cavalcante Filho** <sup>(2)</sup>

Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA). Engenheiro Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA).

**Juliana Araújo Pedrosa** <sup>(3)</sup>

Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA). Engenheira Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA).

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Av. Universitária Leto Fernandes, km 01 – Sítio Esperança II – Caraúbas – RN – CEP59780-000-Brasil - Tel: (84) 3317-8505 - e-mail: [leonete.cristina@ufersa.edu.br](mailto:leonete.cristina@ufersa.edu.br)

#### **RESUMO**

O trabalho testa a viabilidade técnica de telhas produzidas a partir de resíduo de gesso oriundo de placas de forro. Sabendo das características dos materiais, foram analisadas configurações que tinham diferentes modos de incorporação das fibras de sisal, sendo nas direções transversal, longitudinal e em forma de malha. Foram avaliados os critérios da impermeabilização, onde foram testados dois tipos de materiais que funcionaram como impermeabilizante, sendo o esmalte sintético e a resina acrílica. Os experimentos realizados envolveram as seguintes etapas: caracterização do resíduo de gesso reciclado (análise granulométrica, módulo de finura e tempo de pega), testes de impermeabilização e ensaio de resistência à ruptura simples. Todos os ensaios seguiram os requisitos normativos vigentes. Quanto à caracterização o resíduo produzido se enquadrou como gesso de fundição, principalmente devido ao alto índice de sua granulometria. Em relação ao tempo de pega que a mistura de água/gesso foi de 0,8 oferecendo uma a melhor trabalhabilidade da pasta, sendo essa escolhida para fabricação das telhas. Os dois agentes impermeabilizantes atenderam aos critérios normativos. A telha de resíduo sem incorporação de fibra não teve desempenho mecânico suficiente. A melhor configuração quando à ruptura simples foi à telha com fibra disposta longitudinalmente. Assim, conclui-se que foi viável o emprego desse resíduo em outro material da construção civil. Este trabalho serve de ponto de partida para uma série de estudos sobre a reutilização dos resíduos de gesso obtidos a partir de placas de forro, sendo essenciais estudos mais aprofundados para que a telha de resíduo reciclado adquira o desempenho necessário para a aplicação no setor da construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Telha com resíduo, Resíduo da construção, Propriedades mecânicas.

#### **INTRODUÇÃO**

O gesso é um material produzido por calcinação do minério natural do gipso, de sulfato de cálcio hidratado residual, constituído essencialmente de sulfatos de cálcio – hemidrato, anidritas solúvel e insolúvel – e a gipsita precedente da matéria prima. A proporção dessas diferentes fases é controlada por condições de processos que, junto com a eventual presença de inertes e sua finura, vai determinar as propriedades do gesso no estado fresco e endurecido, incluindo tempo de pega e resistência mecânica. Assim a composição do produto comercializado vai depender da sua aplicação (ISAIA, 2007).

O gesso como material de construção oferece importantes propriedades tais como a plasticidade da pasta fresca, a lisura da superfície endurecida e o rápido tempo de endurecimento. Na construção civil, o gesso pode ser empregado principalmente para a confecção de blocos, painéis de gesso acartonado, revestimento de parede e também pode ser aplicado no uso de forros. Apesar de suas vantagens o gesso é o terceiro causador de

desperdícios em obras, contribuindo bastante para a geração de resíduos da construção civil (AMBROZEWICZ, 2012).

A construção civil representa um setor produtivo cuja cadeia oferece diversas possibilidades de inovação de forma sustentável, apesar de ser um grande gerador de resíduos sólidos. Segundo a Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, os resíduos de construção civil são: “os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliças ou metralha.” (CONAMA, 2002).

A Resolução nº 431 de 24 de Maio de 2011 (CONAMA, 2011) estabelece que o grupo de resíduos tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso sejam classificados como classe B. Na publicação anterior dessa resolução no ano de 2002, o resíduo de gesso se enquadrava na categoria C, que correspondia a resíduos que ainda não haviam sido desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitissem a sua reciclagem ou recuperação. Refletindo a importância de pesquisa nessa área para melhor o desempenho na gestão desse tipo de resíduo, de modo a melhorar seu impacto ambiental.

Quanto as pesquisas no emprego do resíduo de gesso, verifica-se na literatura uma diversidade de aplicações. Devido aos altos teores de cálcio em sua composição, o resíduo de gesso pode ser uma alternativa ao na recuperação de solos salino-sódicos. Na pesquisa de Rolim (et al., 2014), foi avaliada a eficiência do uso de resíduos de gesso provenientes da construção civil, em relação ao gesso de jazida, na correção de solo salino-sódico, demonstrando-se eficaz na lixiviação de sais e sódio solúvel de solo salino-sódico, podendo ser recomendada, como fonte de cálcio, para a recuperação da sodicidade.

Nascimento e Pimentel (2010) constataram a viabilidade técnica de produção de gesso reciclado que atendiam aos critérios técnicos normativos em relação as características físicas e mecânicas. O gesso hidratado foi moído e queimado a temperaturas de 160, 180 e 200°C em um período de 6 horas, e o gesso reciclado obtido foi submetido a ensaios de caracterização.

Direcionando a aplicação para a construção civil, Teske (et al., 2015) verificou que a sua cor branca poderia ser favorável à fabricação de telhas, fator este positivo em sua comercialização devido as propriedades de refletância dos raios solares, assim reduzindo os efeitos de absorção e transferência de calor, desse modo reduzindo a temperatura interna das edificações, em relação a outros tipos de telhados. Reforça a necessidade de materiais impermeabilizantes que impeçam o contato da água com o gesso da telha.

Neste contexto, torna-se evidente a necessidade de ações em prol do reaproveitamento, reciclagem dos resíduos de gesso oriundos da construção civil. A reutilização contribui com a preservação do meio ambiente fazendo com que haja uma minimização da exploração da matéria-prima, contribuindo com a preservação das jazidas de gipsita, com a diminuição do lançamento dos resíduos, que resultam em entulhos acumulados no meio ambiente, capazes de poluir o solo, os lençóis freáticos e o ar.

A reutilização do resíduo de gesso pode servir para que se evite o seu acúmulo em lixões e terrenos baldios, e também prolongar a vida útil das jazidas fornecedoras da matéria-prima para fabricação do gesso. Além disto, o beneficiamento dos resíduos nos locais de intenso consumo, pode possibilitar redução do custo do material, visto que as jazidas se encontram distantes das grandes concentrações urbanas, tendo o transporte um peso considerável na composição dos custos.

O trabalho foi desenvolvido com o intuito de analisar a viabilidade técnica da fabricação de uma telha plana de sobreposição, tendo como matéria prima o resíduo de gesso, sendo ela reforçada com fibra de sisal. Tem-se como objetivos específicos a caracterização do resíduo, fabricação de uma telha com resíduos de gesso e a introdução as fibras de sisal para que possa resistir os esforços, aplicando as fibras nas direções longitudinais, transversais e na forma de malha, definição do impermeabilizante que tenha o melhor desempenho à impermeabilidade e a verificação das propriedades da telha aplicando ensaios de: granulometria, modulo de finura, início e fim de pega, verificação a impermeabilidade, ruptura à flexão simples. Como forma de

comprovar que a incorporação de resíduos da construção civil pode conferir propriedades técnicas adequadas às demandas normativas, podendo se configurar uma estratégia ambiental de construtoras na gestão de seus resíduos sólidos.

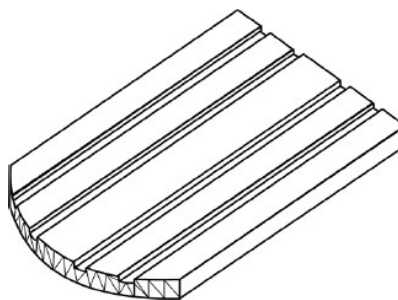
## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada para realização do trabalho foi de caráter experimental, utilizando-se resíduo de gesso, fibra de sisal, impermeabilizantes e água. O resíduo de gesso utilizado foi proveniente da instalação de forros de residências localizada na cidade de Mossoró/RN, mais precisamente no Bairro Santa Júlia. O resíduo é oriundo de placas de gesso liso foi previamente separado dentro do canteiro de obras, acondicionado de forma a evitar sua mistura com outros materiais. A fibra de sisal (Figura 01) é origem vegetal, costumeiramente cultivada em regiões semiáridas por ser resistente a aridez e ao sol intenso. Para a impermeabilização das telhas foram empregadas tinta de cor branca a base de esmalte sintético e o outro com base de resina acrílica.

O formato da telha a ser utilizado é a plana de sobreposição indicada na Figura 02, pois o formato da telha que foi definido proporciona uma maior facilidade na execução da moldagem e pode ser facilmente empregado em habitações de interesse social ou situadas em zona rural. Foram moldados quatro tipos de telhas, conforme as seguintes configurações: TRS (Telha de resíduo, sem adição de fibras); TRT (Telha de resíduo com fibra incorporada na direção transversal); TRL (Telha de resíduo com fibra incorporada na longitudinal); e TRM (Telha de resíduo com fibra incorporada na forma de malha).



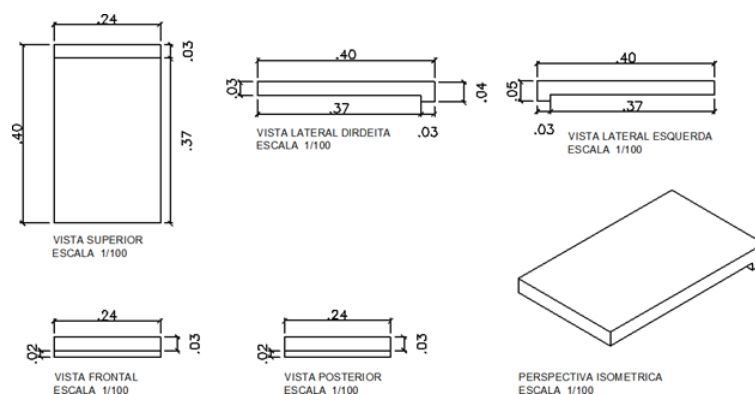
**Figura 01: Fibra de sisal. (Autoria própria)**



**Figura 02: Telha plana de sobreposição.**  
**Fonte: NBR 15310 (ABNT, 2005)**

A NBR 15310 (ABNT, 2005) [14] não especifica quanto às dimensões da telha de sobreposição deve ter, assim foi realizada uma pesquisa no mercado para quais dimensões eram mais usuais, desse modo foram escolhidas as medidas de 40cmx24cmx3cm, como mostra a Figura 03.

A etapa inicial de laboratório contou com caracterização do resíduo da obra visando indicar a melhor configuração de traço para produção da massa de moldagem das telhas. O material passou pelo processo de moagem, onde foi utilizado o equipamento moinho de abrasão Los Angeles, programado para realizar 500 voltas. Em seguida, ocorreu a moldagem das telhas, nas configurações anteriormente descrita. Por fim, foram realizados os ensaios normativos com as telhas com resíduos de gesso incorporado.



**Figura 03: Dimensões da telha de sobreposição. (Autoria Própria)**

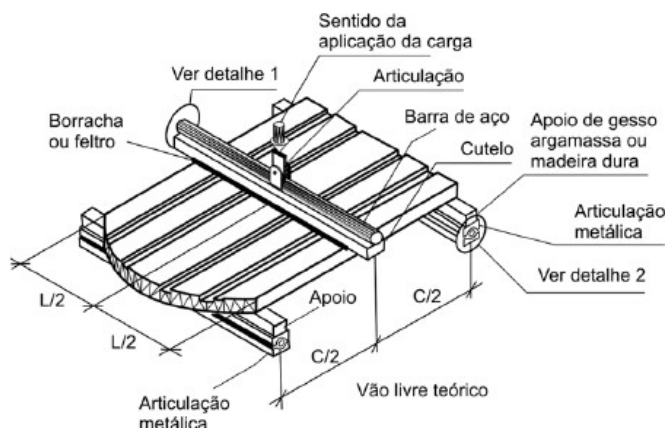
Para caracterização do resíduo foram procedidas as seguintes análises: Granulometria, seguindo a NBR 12127 (ABNT, 1991); Determinação do módulo de finura (MF) segundo a NBR 12127 (ABNT, 1991); Calcinação do Gesso, sendo submetido a uma temperatura de 205°C por um período de 24h em uma estufa elétrica; Preparação da pasta gesso reciclado, foi preparada através da mistura homogênea de gesso reciclado e água, utilizando a relação água/gesso (a/g) de 0,6, 0,7 e 0,8. Para preparação da pasta foi utilizado o procedimento previsto na NBR 12128 (ABNT, 1991); Determinação do tempo de início e final de pega segundo a norma NBR 12128 (ABNT, 1991).

Para a moldagem da telha foi utilizada relação água/gesso 0,8, a qual proporcionou uma melhor homogeneidade e trabalhabilidade, este parâmetro foi adotado, pois no ensaio de início e fim de pega notou-se que as relações de água/gesso 0,7 e 0,6, ocasionou a dificuldade na mistura da argamassa. A quantidade de fibras de sisal será de 0,15 Kg para todas as configurações sendo elas: TRS, TRT, TRL e TRM. A fibra de sisal será aplicada na telha para que se tenha um ganho de resistência aos esforços aplicados, onde serão dispostas nas direções longitudinal, transversal e na forma de malha, formando um ângulo de 90° entre elas. A aplicação do impermeabilizante será de forma manual através de um pincel, aplicando duas demãos com intervalo de 8h à 24h para que possa ter uma secagem completa do material.

Com a telha moldada foi realizado o ensaio de Carga de Ruptura à Flexão Simples (FR) – Flexão a Três Pontos, segundo a NBR 15310 (ABNT, 2005), conforme equipamento e esquema demonstrados nas Figuras 04 e 05. No qual é realizada uma aplicação contínua de carga a uma razão máxima de 50 N/s (5 kgf/s), com dispositivo de leitura de carga analógico ou digital, com sensibilidade de 10 N (ou 1 kgf), onde no término do ensaio a telha terá que resistir uma carga de mínima de 1000 N ou (100 kgf). Para dois apoios (inferiores) de seção transversal retangular de gesso, argamassa (no traço 1:1, em volume) ou madeira dura e largura aproximada de 30 mm, altura mínima de 40 mm e comprimento mínimo superior à largura total do corpo-de-prova, sendo o cutelo de madeira dura, recomenda-se o uso de uma tira de feltro ou de borracha na interface do cutelo com o corpo-de-prova, situados sobre articulações metálicas.



**Figura 04: Dispositivo para aplicação de carga. (Autoria própria)**

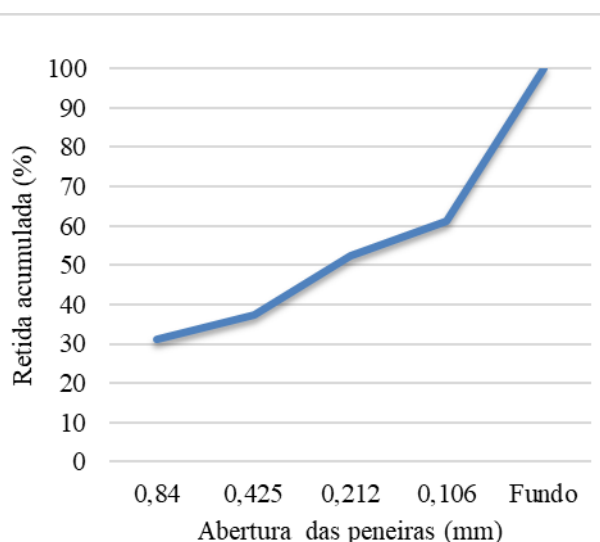


**Figura 05: Dispositivo para aplicação de carga. (Fonte: NBR 15310 (ABNT, 2005)).**

A verificação da impermeabilidade deu-se conforme a NBR 15310 (ABNT, 2005), que permite uma verificação qualitativa da passagem ou não de água através da espessura da telha, quando a superfície superior do corpo-de-prova é submetida por um tempo mínimo de 24h sob uma pressão constante da água. foi usada uma moldura totalmente estanque a água, com as dimensões da moldura tais que sua área possa recobrir no mínimo 65% da área determinada pelo comprimento e largura totais dos corpos-de-prova, as telhas foram mergulhadas em água a uma temperatura ambiente durante no mínimo 24 h, em seguida as telhas passaram pela estufa a uma temperatura de 105°C, que após a passagem pela estufa foram resfriados naturalmente até atingirem a temperatura ambiente, que posteriormente foram colocadas sobre o suporte para seguir com a verificação.

## RESULTADOS

Na caracterização do resíduo foi obtida a curva granulométrica apresentada na Figura 06. A partir dela, foi possível determinar o módulo de finura do gesso. Os resultados obtidos a partir das telhas produzidas permitiram verificar que foi de 0,611. Comparando os valores obtidos com o estabelecido pela NBR 13207/17, esse módulo de finura relaciona-se com baixo grau de finos, portanto atingindo a classificação como gesso de fundição. É importante ressaltar que módulo de finura está diretamente relacionado com o número de voltas do moinho de abrasão a Los Angeles, quanto maior o número de voltas, maior será o grau de finos do gesso reciclado.

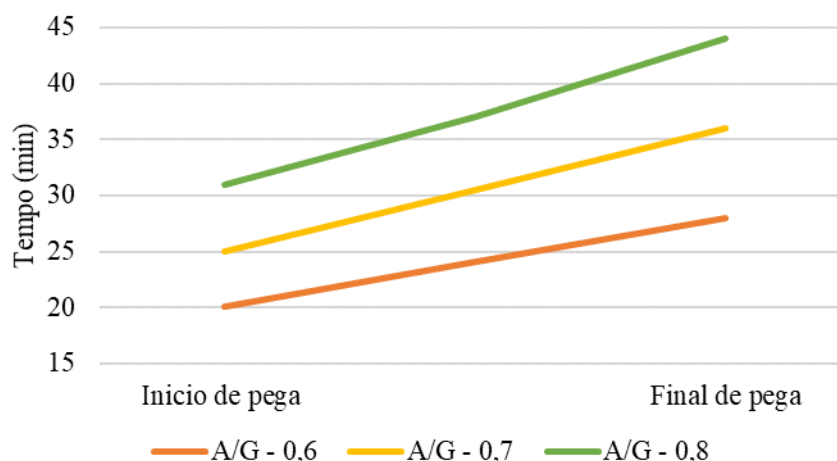


**Figura 06: Curva granulométrica do gesso reciclado. (Autoria própria)**

A análise granulométrica e o módulo de finura antecedeu o processo de calcinação, mostrou que o resíduo apresentou um baixo índice de finos, atingindo uma classificação gesso de fundição por consequência do tritramento do material. Em relação ao processo de calcinação não foi preciso chegar a elevadas temperaturas, visto que o resíduo foi submetido a uma temperatura de 205 °C por um período de 24h em uma estufa elétrica, sendo considerado um grande progresso, pois a calcinação foi realizada com êxito e com baixo gasto de energia.

Para determinação da propriedade no estado fresco foi realizado o ensaio de início e fim de pega. Os valores medidos estão dispostos no Quadro 03 e representados graficamente na Figura 07. No ensaio de início e fim de pega verificou-se que as relações água/gesso 0,6 e 07 não tiveram sucesso no momento da mistura, notando-se a dificuldade de homogeneidade da pasta, optando-se por moldar a telha utilizando a relação 0,8, assim ocorreu uma melhor facilidade de moldagem da telha. Analisando os valores encontrados através do ensaio de início e final de pega, e comparando com o estipulado pela NBR 13207 (ABNT, 2017), os fatores de água/gesso 0,7 e 0,8 atendem as condições definidas pela norma, logo nesse critério são classificados como gesso para revestimento sem adição de aditivos.





**Figura 07: Tempos de início e fim de pega. (Autoria própria)**

Dentre as características encontradas da telha de gesso reciclado, pode-se dizer que existem diversas vantagens quando se comparada a outros tipos de telhas existentes no mercado, uma dessas vantagens é conforto térmico, por ser de coloração branca a telha de resíduo garante uma baixa absorção térmica se comparada com telhas de concreto e de cerâmica já que apresentam uma coloração mais escura. Outra vantagem encontrada é quanto ao peso, a telha de gesso teve uma média de 3,7kg, menor que a telha de concreto que tem um média de 4,5kg, possuindo uma geometria semelhantes.

Quanto à ruptura à flexão simples, apenas a telha de resíduo sem adição de fibra não atendeu aos critérios técnicos. A telha com adição de fibras na direção longitudinal apresentou o melhor desempenho quanto a este quesito. Podendo indicar que o uso das fibras nesta direção seja suficiente para agregar resistência a telhas, requerente ensaios complementares futuros.

Como pode ser observado na Tabela 01, as telhas TRT, TRL e TRM apresentaram bom desempenho quando submetidas ao ensaio de flexão simples, a NBR 15310 (ABNT, 2005) estabelece que para a telha plana de sobreposição deve resistir uma carga de 100 Kgf ao ensaio a flexão simples, onde a verificação tem por finalidade simular situações genéricas no transporte, no uso, na construção e manutenção das telhas. Portanto as telhas TRT, TRL e TRM tiveram êxito ao o ensaio.

**Tabela 01: Resultados do ensaio a ruptura a flexão simples. (Autoria própria)**

Configuração	Peso (Kg)	Fator água / gesso	Resistência (Kgf)	Status
TRS	3,686	0,8	60,07	Não atende
TRT	3,707	0,8	101,66	Atende
TRL	3,705	0,8	129,39	Atende
TRM	3,702	0,8	110,91	Atende

A NBR 15310 (ABNT, 2005) [14] estabelece que o ensaio a impermeabilidade consiste na verificação qualitativa da passagem ou não de água através da espessura da telha, o corpo de prova ficou em contato com uma lâmina d'água superior a 1cm, e submetido a uma pressão de coluna d'água no período de 24 h. As telhas com impermeabilização de esmalte sintético e de resina acrílica não apresentaram vazamentos e nenhuma formação de gotas em sua face inferior, assim atendendo a estes requisitos de impermeabilidade, as telhas de gesso reciclado são consideradas impermeáveis.

Os dois impermeabilizantes testados, esmalte sintético e resina acrílica, responderam de forma positiva às prescrições normativas. Logo, o fator financeiro poderia decidir quanto ao emprego de um deles, já que no critério técnico ambos foram aprovados.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Quanto à ruptura à flexão simples, apenas a telha de resíduo sem adição de fibra não atendeu aos critérios técnicos. A telha com adição de fibras na direção longitudinal apresentou o melhor desempenho quanto a este quesito. Podendo indicar que o uso das fibras nesta direção seja suficiente para agregar resistência a telhas, requerente ensaios complementares futuros. Os dois impermeabilizantes testados, esmalte sintético e resina acrílica, responderam de forma positiva às prescrições normativas.

Um dos pontos importantes da telha de gesso reciclado é contribuição ambiental que ela oferece, reduzindo a extração da matéria-prima, consequentemente minimizando os impactos ambientais gerados pelos RDCC. Além disso, contribui para diminuir a extração da argila para fabricação da telha cerâmica. Ainda que possa ser considerado uma redução dos impactos, em relação produção da cerâmica vermelha.

Este trabalho serve de ponto de partida para uma série de estudos sobre a reutilização dos resíduos de gesso obtidos a partir de placas de forro, sendo essenciais estudos mais aprofundados para que a telha de resíduo reciclado adquira o desempenho necessário para a aplicação no setor da construção civil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMBROZEWICZ, P. H. L. Materiais de Construção. São Paulo: PINI, 2012.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL. Coleta, Armazenagem e Destinação para Reciclagem. São Paulo: DRYWALL, 2009. 26p.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12127, “Gesso para construção: determinação das características físicas do pó”, Rio de Janeiro, RJ (1991).
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12128, “Gesso para construção: determinação das propriedades físicas da pasta”, Rio de Janeiro, RJ (1991).
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15310, “Componentes cerâmicos - Telha – Terminologia, Requisitos e Métodos de ensaio”, Rio de Janeiro, RJ (2005).
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 13207, “Gesso para construção civil - Especificação,” Rio de Janeiro, RJ (2017).
7. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002). Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Publicada no Diário Oficial da União em 17/07/2002.
8. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2011). Resolução Nº 431, de 24 de maio de 2011. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Publicada no Diário Oficial da União em 25/11/2011.
9. ISAIA, Geraldo Cechella. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E PRINCÍPIOS DE CIÊNCIA E ENGENHARIA. SÃO Paulo: Ibracon, 2007. 832 p.
10. NASCIMENTO, Felipe Jose Farias de; PIMENTEL, Lia Lorena. REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE GESSO. 2010. 15 f. - Curso de Engenharia Ambiental, Puc - Campinas, Campinas, 2010.
11. ROLIM, Mario Monteiro; SANTOS, Paulo Medeiros dos; FRANÇA, Ênio Farias de. Uso de resíduos de gesso como corretivo em solo salino-sódico. 2014. 9 f. - Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Goiânia, Goiânia, 2014.
12. SINDUSGESSO (Brasil) (Org.) - SINDUSGESSO – Sindicato das Indústrias de Extração e Beneficiamento de Gipsita, Calcários, Derivados de Gesso e de Minerais Não-Metálicos do estado de Pernambuco. Disponível em: [www.sindusgesso.org.br](http://www.sindusgesso.org.br). Acesso em: 10 de abril de 2018.
13. TESKE, S. Desenvolvimento de modelo conceitual de telha ecológica a partir de resíduos de PET e gesso da construção. 2015. 9 f. - Curso de Eng. Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, Curitiba, 2015