



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE NORTE
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CÂMARA DE NEGÓCIOS TECNOLÓGICOS



GUILHERME FÁBIO DE MELO

Concreto Leve Ecológico

Compósito de Materiais com Reduções de Custos
e Impacto Ambiental na Construção Civil

NATAL – RN

2023

Guilherme Fábio de Melo

CONCRETO LEVE ECOLÓGICO

COMPÓSITO DE MATERIAIS COM REDUÇÕES DE CUSTOS
E IMPACTO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências e Tecnologia.

Ênfase: Negócios Tecnológicos

Orientador: Prof. Dr. Gláucio Bezerra Brandão

Natal - RN

2023

MELO, Guilherme Fábio de. **Concreto Leve Ecológico: Compósito de Materiais com Reduções de Custos e Impacto Ambiental na Construção Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Ciências e Tecnologia. Ênfase: Negócios Tecnológicos

Trabalho aprovado em 12 de julho de 2023, pela banca examinadora:

Prof. Dr. Gláucio Bezerra Brandão - presidente
Prof. Dr. João Maria Montenegro Ribeiro
Profa. Dra. Zulmara Virgínia de Carvalho

Conforme lavrado em ata cadastrada sob protocolo n.º 23077.092788/2023-89 no Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Melo, Guilherme Fabio de.

Concreto leve ecológico - compósito de materiais com reduções de custos e impacto ambiental na construção civil / Guilherme Fabio de Melo. - 2023.

50 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Escola de Ciência e Tecnologia, Câmara de Negócios Tecnológicos, Natal, RN, 2023.

Orientador: Prof. De. Gláucio Bezerra Brandão.

1. Cimento Portland - Monografia. 2. Resíduo industrial - Monografia. 3. Poliestireno expandido - Monografia. 4. Politereftalato etileno - Monografia. 5. Polímero - Monografia. 6. Reciclável - Monografia. I. Brandão, Gláucio Bezerra. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 666.942

AGRADECIMENTOS

A **Deus** pela vida, e por me permitir ser seu instrumento para realizar este trabalho.

Ao professor **Gláucio Bezerra Brandão**, pela sua orientação.

A meus pais, **Melo** e **Selma**, e familiares, pelo amor, compreensão, incentivo e ensinamentos.

A minha mulher **Samantha**, por todo amor e paciência e pelos valiosos conselhos.

Aos meus filhos **Raphael** e **Renan**, pelo amor infinito.

Ao **ECT** - Escola de Ciências e Tecnologia da **UFRN**.

A **ISO-BLOK** Engenharia e Tecnologia Ltda., pelo apoio.

A **Todos** aqueles que torceram por mim, e de uma forma ou de outra, me ajudaram a chegar até aqui.

Agradeço a todos os **Obstáculos** que apareceram no meio do caminho desse grande trabalho e que foram vencidos e superados, um a um, para tornar essa conquista maior.

“O merecimento é do homem que se encontra na arena com o rosto manchado de sangue, suor e poeira... Que conhece os grandes entusiasmos, as grandes devoções; que sacrifica a si próprio por uma causa digna; e que, quando muito, experimenta no final o triunfo de uma grande realização; e... se ele fracassa, pelo menos fracassou ao ousar grandes coisas, e, por isso mesmo, seu lugar nunca pode ser tomado por essas almas tímidas e frias que não conhecem nem vitórias nem derrotas.”

J. F. Kennedy

RESUMO

Neste trabalho é abordada a aplicação da tecnologia dos concretos leves à produção de elementos construtivos, tais como placas pré-fabricadas, painéis de vedação e peças pré-moldadas. A presente invenção do Concreto Leve Ecológico - CLE, refere-se a um material compósito resultado da união de concreto com resíduo de polímeros plásticos, os quais podem ser o poliestireno expandido - EPS e o politereftalato de etileno - PET. A matriz do compósito é constituída de materiais caracterizados por conter na sua mistura cimento, agregados e água, como elementos básicos, e um aditivo como agente incorporador de ar. A carga do compósito é constituída por resíduo de polímero plástico particulado com a função de agregado artificial leve. O concreto leve ecológico desta invenção é produzido pela substituição de parte das partículas finas do cimento *Portland* convencional de alto custo, por resíduo de polímero plástico reciclável de baixo custo, formando um produto econômico, estável, não contrátil, leve e com propriedades mecânica e acústica plenamente satisfatórias, composto a partir de uma reação química entre o cimento e a adição desses materiais supracitados. A definição da fórmula ideal teve como finalidade a obtenção de um material com menor densidade e resistência à compressão necessária para atender às normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Apresentamos ainda neste trabalho uma fundamentação teórica e um estado da arte com o que há desenvolvido no meio acadêmico sobre concretos leves e com resíduos. Finalmente apresentamos um levantamento da viabilidade financeira do CLE com o seu *Canvas* e as estratégias utilizadas para saltar o abismo frente a Lei de Adoção e Inovação de Rogers & Moore. Anexamos ao final deste trabalho o texto completo da patente do CLE e documento do seu depósito no Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI.

Palavras chaves: cimento *Portland*, resíduo industrial, poliestireno expandido, politereftalato etileno, polímero, reciclável.

ABSTRACT

This work addresses the application of lightweight concrete technology to the production of construction elements, such as prefabricated plates, fence panels and precast parts. The present invention of Lightweight Ecological Concrete - CLE, refers to a composite material resulting from the union of concrete with waste plastic polymers, which may be expanded polystyrene - EPS and polyethylene terephthalate - PET. The composite matrix is made up of materials characterized by containing in its mixture cement, aggregates and water, as basic elements, and an additive as an air-entraining agent. The composite filler consists of particulate plastic polymer residue with the function of light artificial aggregate. The ecological lightweight concrete of this invention is produced by replacing part of the fine particles of high-cost conventional Portland cement with low-cost recyclable plastic polymer waste, forming an economical, stable, non-contractile, lightweight product with mechanical and acoustic properties. fully satisfactory, composed from a chemical reaction between cement and the addition of these materials mentioned above. The definition of the ideal formula aimed to obtain a material with lower density and resistance to compression necessary to meet the technical standards of the Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. We also present in this work a theoretical foundation and a state of the art with what has been developed in the academic environment on lightweight concrete and with residues. Finally, we present a survey of the financial viability of CLE with its Canvas and the strategies used to jump the abyss in front of Rogers & Moore's Law of Adoption and Innovation. Finally, we present a survey of the financial viability of CLE with its Canvas. We attach at the end of this work the full text of the CLE patent and document of its deposit at the National Institute of Industrial Property - INPI.

Key words: Portland cement, industrial waste, expanded polystyrene, polyethylene terephthalate, polymer, recyclable.

SUMÁRIO

RESUMO	7
1. INTRODUÇÃO	11
1.1. PERGUNTA DE PESQUISA.....	13
1.2. JUSTIFICATIVA	14
1.3. OBJETIVOS	14
2. FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICO - EMPREENDEDORA	16
2.1. CONCRETO	16
2.1.1. DEFINIÇÕES	16
2.1.2. COMPÓSITO	16
2.1.3. POLÍMERO	18
2.1.4. CONCRETO LEVE	18
2.1.4.1. HISTÓRICO DO CONCRETO LEVE	19
2.1.4.2. PROPRIEDADES DO CONCRETO LEVE.....	20
2.1.4.3. CLASSIFICAÇÃO DO CONCRETO LEVE.....	20
2.1.5. AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE – NOMAS TÉCNICAS	21
2.1.6. ESTADO DA ARTE	21
2.1.6.1. CONCRETO CELULAR E CONCRETO LEVE MODIFICADO COM ADIÇÕES DE AGREGADOS LEVES	23
2.1.6.2. CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMERO	23
2.2. LEI DE ADOÇÃO DA INOVAÇÃO.....	26
2.2.1. ROGERS & MOORE	26
2.2.2. MODELO CANVAS	27
2.2.3. TAM, SAM E SOM	28
3. METODOLOGIA	30
3.1. DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO	30
3.1.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DE PARTIDA.....	31
3.1.2. MASSA ESPECÍFICA E MASSA UNITÁRIA DOS MATERIAIS DE PARTIDA.....	31

3.2. MODELAGEM DE NEGÓCIO	33
3.2.1. ESTRATÉGIA DE AÇÃO	33
3.2.2. AMEAÇAS	34
3.2.3. PLANO DE NEGÓCIOS	35
4. DISCUSSÃO E RESULTADOS	38
4.1. CONCRETO LEVE ECOLÓGICO	38
4.1.1. IDEIAÇÃO	38
4.1.2. PROTÓTIPO	38
4.1.3. VALIDAÇÃO TECNOLÓGICA	39
4.2. GESTÃO DA INOVAÇÃO	39
4.2.1. OPORTUNIDADES	40
4.2.2. VALIDAÇÃO DA PROPOSTA DE VALOR	40
4.2.3. INSERÇÃO MERCADOLÓGICA	40
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	45
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS	48
ANEXOS	49
DOCUMENTOS DO DEPÓSITO DA PATENTE DO CLE	49
MODELO CANVAS DE NEGÓCIOS DO CLE AMPLIADO	50

1. INTRODUÇÃO

Desde a sua invenção, em meados do século XIX, a tecnologia do concreto teve grande desenvolvimento, devido principalmente à evolução das técnicas de produção, a evolução da instrumentação e ao desenvolvimento de novos materiais, dentre os quais destacam-se aditivos redutores de água e minerais que promoveram melhorias na resistência mecânica e durabilidade dos concretos.

O concreto é fonte de muitas pesquisas em todo o mundo, e estudos sobre a utilização de algum tipo de polímero nos concretos leve e convencional foram encontrados na literatura científica.

Um grande problema da sociedade moderna é o crescimento acelerado do consumo de produtos industrializados, gerando um aumento excessivo de resíduo e sua disposição em lugares inadequados. Esse é o caso vivido hoje pela indústria e pela construção civil, que enfrentam um grave problema em sua cadeia produtiva.

A Economia Circular é um conceito que visa maximizar o aproveitamento dos recursos, eliminando a lógica linear de extração, uso e descarte. Ele se baseia em três princípios fundamentais: eliminar poluição e resíduos, potencializar o uso dos produtos e regenerar os sistemas naturais.

Na construção civil, a aplicação da Economia Circular está ganhando forma em todo o mundo. No Brasil, ainda estamos em estágios iniciais, mas já existem pesquisas e debates sobre o tema, como é o caso desse trabalho.

Existem várias oportunidades para o reaproveitamento de materiais de construção. Isso pode incluir estratégias focadas nos materiais utilizados nas obras, como reutilização da massa em obra ou especificação de materiais de reuso provenientes de processos de demolição.

No Brasil, ainda não há leis específicas que abordem a Economia Circular, mas existe a obrigatoriedade da logística reversa para setores como agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes, fármacos e eletrônicos. No entanto, algumas empresas da construção civil estão desenvolvendo programas de responsabilidade estendida para aproveitar as sobras de produtos ou embalagens.

Os profissionais da construção civil desempenham um papel importante no desenvolvimento sustentável do setor, especificando materiais fabricados com os princípios da

Economia Circular e considerando o potencial de reuso de materiais nos projetos. A avaliação do desempenho ambiental dos produtos especificados e a busca por elementos de acabamento ou arquitetônicos com potencial de aproveitamento são recomendados.

A adesão à Economia Circular pode trazer benefícios financeiros, pois é valorizada pelos consumidores e agrega valor ao produto e às matérias-primas ao longo do ciclo de vida.

Em geral, espera-se uma adesão cada vez maior à circularidade na construção civil, impulsionada por grandes empresas do setor e por profissionais engajados. Os profissionais não têm mais desculpas para não agir de forma responsável em relação ao meio ambiente, pois a informação está disponível e a aplicação requer engajamento e proatividade.

O resíduo de polímeros plásticos, é inconveniente ao ambiente e ainda não existe uma alternativa segura para sua destinação final, pois não há condições imediatas de reaplicação ou reaproveitamento, seja no próprio processo produtivo ou em outras alternativas.

Nesse contexto, no presente trabalho propomos o reaproveitamento desse tipo de resíduo como matéria-prima para a indústria da construção civil, e dentro da economia circular, na forma de um material original e viável sob os pontos de vista técnico, ambiental e econômico, originando um concreto leve, denominado concreto leve ecológico - CLE, a ser inserido no mercado que podemos afirmar com segurança, representa um dos mais importantes setores da economia no nosso país.

A construção civil confirma expectativas e cresce forte pelo segundo ano consecutivo. A construção civil cresceu 6,9% em 2022, conforme os dados do Produto Interno Bruto (PIB) divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. O resultado ficou dentro da expectativa da Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC que projetou alta de 7% para o setor.

Foi o segundo ano consecutivo em que o dinamismo do setor superou a economia nacional, já que em 2022, o PIB Brasil cresceu 2,9%. Em 2021 a Construção cresceu 10% e o PIB Brasil apresentou incremento de 5,00%. Assim, no biênio 2021-2022 enquanto o País cresceu 8,05% o setor registrou expansão de 17,59%.

O desempenho positivo da Construção nos últimos dois anos foi impulsionado por um ciclo de negócios imobiliários iniciado com a pandemia. Como o processo de produção do setor é longo (de dois a três anos), os reflexos positivos ainda são sentidos.



Fonte: Contas Nacionais Trimestrais - 4º Trimestre de 2022, IBGE.

Gráfico 1 – PIB do Brasil e PIB da Construção Civil – 2010 - 2022: Fonte IBGE

1.1. Pergunta de Pesquisa

A aplicação de resíduos de polímero plástico, proveniente da indústria como carga para produção de compósitos, é uma idéia que visa buscar uma alternativa concreta dentro da economia circular, adequando o seu reaproveitamento como matéria-prima para o desenvolvimento de elementos construtivos com propriedades superiores ou similares às daquelas dos produtos convencionais disponíveis hoje no mercado.

Desta forma, essa pesquisa apresenta o desenvolvimento de um produto inovador, constituídos de blocos e painéis, para construção de paredes e lajes, denominado concreto leve ecológico - CLE, originando um concreto leve e viável sob os pontos de vista técnico, ambiental e econômico, como será apresentado nos itens a seguir:

- Contribuição tecnológica: o CLE é um compósito com carga de polímero, que possui massa específica inferior ao concreto convencional e resistência mecânica à compressão que atende à norma ABNT NBR 12.655 / 2022 – Concreto de Cimento *Portland* – Preparo, Controle e Recebimento – Procedimento e a Norma ABNT NBR 15.575 - 1 a 6 / 2021 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Requisitos Gerais.
- Contribuição ambiental: o CLE é um veículo para a redução do impacto ambiental, não só pela reutilização de um resíduo, como também pela redução no consumo dos recursos naturais, uma vez que o resíduo substitui parte do cimento empregado na composição do produto final.
- Contribuição econômica: o CLE substitui com vantagens econômicas os elementos convencionais utilizados para preenchimento de lajes pré/moldadas e paredes. E em

particular o bloco cerâmico e de concreto, bem como o bloco de poliestireno expandido – EPS usados em lajes treliçadas e painéis construtivos.

1.2. Justificativa

Como uma das justificativas para o desenvolvimento e a realização deste trabalho, podemos citar o espírito inquieto e empreendedor desse pesquisador.

Desde meus primeiros tempos na universidade, busquei desenvolver um projeto concreto que pudesse efetivamente trazer para o mundo real, e não apenas se restringisse ao mundo acadêmico. Não com a motivação exclusiva de ganhar dinheiro, até porque no meu entendimento tal retorno é uma consequência natural. Mas principalmente para oferecer às pessoas, o maior número delas, e ao mercado, soluções melhores e eficientes.

Após a conclusão do curso de Engenharia Civil na UFRN - 2002, parti para o Mestrado UFRN – 2004, onde desenvolvi um aplicativo para o programa de saúde do governo o qual se podia obter informações relevantes sobre o programa do governo e as patologias de saúde pública.

Em seguida, no Doutorado na UFRN – 2009, desenvolvi o primeiro concreto (Concreto Celular Polimérico) o qual patentei com a universidade e ganhamos um prêmio nacional de empreendedorismo – Santander: Categoria Indústria.

Na sequência, participei do Prêmio Nacional de Inovação CNI – 2011 e fui agraciado com o primeiro lugar na categoria: Desenvolvimento Sustentável, já dentro de uma empresa fundada por mim e denominada Isoblok Engenharia e Tecnologia. O prêmio me deu oportunidade de participar do curso: Estratégias para Inovação em Novos Negócios, oferecido pela *Wharton School* – Escola de Negócios da Pensilvânia – Estados Unidos da América.

Então, desenvolvi diferentes projetos com recursos de Editais do CNPq, FINEP, FAPERN e IEL. Todos agregando valor e conhecimento ao conjunto da obra.

Finalmente voltando a UFRN, uma vez que acredito que nunca devemos parar de estudar e aprender, desenvolvi mais um novo concreto, objeto deste trabalho, com abordagem mais ampla e comercial, pela Escola de Ciências e Tecnologia, no curso de Negócios e Tecnologia, onde tive a oportunidade de aprender e me contactar com o conhecimento e os laboratórios da instituição.

1.3. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho de pesquisa é desenvolver um material inovador para o setor da construção civil, em forma de blocos e painéis, e inseri-lo no mercado inicialmente regional, e posteriormente Nacional e Mercosul.

Como objetivo específico, esta pesquisa se propõe a desenvolver, com critérios rigorosos exigidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, um novo material compósito denominado Concreto Leve Ecológico – CLE, atendendo a todas as especificações técnicas da associação supracitada, por meio de prototipagem e caracterização em laboratório do CLE na sua forma final de aplicação. Bem como, modelar por meio do Canvas e de um *software* financeiro um plano de negócios para verificar sua viabilidade comercial, e assim constatar se o CLE será realmente capaz de realizar o salto do Abismo de Rogers & Moore.

2. FUNDAMENTAÇÃO CIENTÍFICO - EMPREENDEDORA

Os concretos leves são diferenciados dos concretos convencionais pela redução da massa específica e alterações das propriedades térmicas e acústicas. Entretanto, essas não são as únicas características importantes que justificam a atenção especial aos concretos leves. A utilização de agregados leves também ocasiona mudanças significativas em outras importantes propriedades dos concretos, como trabalhabilidade, resistência mecânica, módulo de deformação, retração e fluência, além da redução da espessura da zona de transição entre o agregado e a matriz de cimento.

2.1. Concreto

O concreto é o material mais utilizado na construção civil, e um dos mais utilizados pelo homem no mundo moderno, sendo composto por uma mistura de água, cimento e agregados.

O cimento é o aglomerante do concreto que une os agregados. Estes podem ser agregados miúdos (naturais ou artificiais) e agregados graúdos (pedras britadas ou seixos). Associando esses materiais de diferentes maneiras pode-se ter o concreto, e a estas associações podem ser acrescentados aditivos e adições.

Historicamente, os romanos foram os primeiros a usar uma espécie de concreto para assentar seus tijolos cerâmicos maciços. Eles utilizavam, como cimento, pozolana natural e cal. Embora o primeiro uso seja muito antigo, o cimento e concreto ficaram esquecidos por conta da ruralização da Europa na Idade Média. O material só veio a ser novamente desenvolvido e pesquisado no século XIX.

2.1.1. Definições

A seguir apresentaremos as definições dos principais elementos envolvidos no desenvolvimento do CLE.

2.1.2. Compósito

São materiais formados pela união de outros materiais com o objetivo de se obter um produto de maior qualidade. A síntese de materiais compósitos envolve a mistura de compostos de diferentes naturezas para conferir novas propriedades aos materiais (CALLISTER, 2002).

As fases dos compósitos são chamadas de matriz, que pode ser cerâmica, polimérica e metálica. E há a fase dispersa, também denominada de carga, geralmente fibras ou partículas. A matriz é geralmente um material contínuo que envolve a fase dispersa ou cargas (CALLISTER, 2002).

Nos últimos anos, a busca por materiais mais sustentáveis tem levado ao desenvolvimento de materiais compósitos com matrizes poliméricas e fibras naturais ou artificiais. Inicialmente, essas fibras apresentavam poucas vantagens em termos de propriedades mecânicas, mas o seu apelo comercial é alto devido aos baixos custos, pois são originárias de fontes renováveis e inesgotáveis.

Além disso, essas fibras têm baixa densidade, menor abrasão durante o processamento e boa adesão à matriz. Como resultado, o uso de cargas em compósitos estruturais tem aumentado na indústria, e na construção civil.

Novos materiais com alta resistência e baixa densidade podem ser obtidos combinando-se dois ou mais materiais, por exemplo: a fibra de vidro ou de carbono combinadas com algum tipo de resina, bastante usados nas indústrias náutica e aeroespacial, respectivamente.

Materiais multifásicos, feitos artificialmente, para obtenção de melhores características mecânicas provenientes dessa combinação, são chamados de materiais compósitos. Essa é justamente a filosofia básica do CLE.

O concreto é constituído por cimento e água (fase matriz), areia e brita (particulados, fase dispersa ou carga), e é considerado um compósito comum com partículas grandes. Para se atingir a resistência ótima e a operacionalidade de uma mistura de concreto, os insumos devem ser adicionados em proporções corretas.

O empacotamento denso do agregado e um bom contato interfacial são obtidos por meio de partículas com dois tamanhos diferentes, onde as partículas finas de areia devem preencher os espaços vazios entre as partículas de brita. O mesmo processo ocorre com o CLE, considerando nesse caso a areia e o resíduo de polímero.

Quando se misturam dois materiais de composições granulométricas diferentes, podem formar um terceiro material com maior ou menor empacotamento das partículas, gerando assim uma massa unitária diferente da média das duas iniciais (JOHN, 2000).

Tendo em vista que a pasta de cimento (pó de cimento + água = matriz) e o resíduo granulado (EPS ou PET) empregado neste estudo foram dosados de maneira convencional, como na fabricação do concreto, conclui-se que, do ponto de vista da Engenharia e Ciência dos Materiais, a definição que melhor aplica-se ao produto deste experimento é a de compósito.

2.1.3. Polímero

É um material ou uma substância composta por moléculas muito grandes conhecidas como macromoléculas. Devido ao seu amplo espectro de propriedades, os polímeros sintéticos e naturais desempenham papéis essenciais na vida cotidiana (PAINTER, 1997).

Os polímeros variam de plásticos sintéticos familiares, como poliestireno expandido - EPS e o politereftalato de etileno - PET, a bio-polímeros naturais, como DNA e proteínas, que são fundamentais para a estrutura e função biológicas. Os polímeros, naturais e sintéticos, são formados a partir de unidades de baixa massa molecular (monômeros) em reações de polimerização. As unidades repetitivas de um polímero são chamadas de meros.

No CLE os resíduos de polímeros funcionam como cargas na matriz de cimento e podem ser chamadas de agregado artificial leve.

Uma pergunta frequente e interessante no universo dos polímeros é: qual a diferença entre polímeros e plásticos? A resposta para isso é simples: todo plástico é polímero, mas nem todo polímero é plástico.

2.1.4. Concreto Leve

Utiliza-se usualmente a designação de concreto leve, ou concreto celular, para identificar concretos com estrutura porosa, geralmente à base de ligantes hidráulicos, com massa específica inferior à dos concretos tradicionais (2.500kg/m^3), que podem ser obtidos mediante o emprego de agregados leves e incorporação de ar.

Segundo Ferreira (1986), o concreto leve que resulta da pega de uma mistura composta de aglomerantes e agregados finos, que sofre tratamentos mecânicos, físicos ou químicos destinados a criar na sua massa uma alta percentagem de poros esféricos, de dimensão regular e milimétrica, uniformemente distribuídos, que permanecem estáveis, incomunicáveis e indeformáveis durante todo o processo, resultando numa massa específica aparente seca superior a 400 kg/m^3 e inferior a 1.800 kg/m^3 .

Já Legatski (1994) estabelece um limite entre 320 kg/m^3 e 1.920 kg/m^3 , enquanto Valore (1954) admite uma faixa de 160 kg/m^3 a 1.600 kg/m^3 . Os diferentes valores de massa específica, de maneira simplificada, são obtidos pela maior ou menor incorporação de ar na mistura.

Por possuir baixo peso específico, o concreto leve pode ser produzido em condições operacionais elementares, não necessitando de equipamentos especiais ou mão de obra especializada, é auto-nivelante, não tem necessidade de vibração e a cura é feita em condições atmosféricas normais (TEIXEIRA, 1992).

Nos últimos anos, o concreto leve com adição de espuma, ou incorporação de ar por aditivos, vem sendo utilizado no Brasil na produção de vedações verticais, como resultado de buscas de alternativas para reduzir a geração de entulho e desperdício de material em geral.

Dentre os diferentes processos construtivos, o que emprega a concretagem das paredes *in loco* tem se mostrado muito competitivo, com relação à otimização do sistema construtivo (LAWRENCE, 1998).

2.1.4.1. Histórico do Concreto Leve

Segundo Teixeira (1992), os primeiros registros de utilização do concreto leve foram relativos aos edifícios construídos com misturas de rochas vulcânicas e argila. Uma vez que os agregados leves naturais estavam restritos a determinadas regiões, sua aplicação foi bastante limitada, surgindo então os concretos sem finos, a utilização dos seixos e pedras britadas e, nas primeiras décadas do século XX, os processos artificiais para gerar porosidade: a fabricação de agregados leves artificiais e a adição de agentes incorporadores de ar ou de espuma.

Sabe-se também que os romanos utilizavam frequentemente um tipo de concreto leve na sua construção: é o caso da cúpula de 44 metros de diâmetro do Panteão, em Roma, construída no século II (d.C.). A obra consiste em grande parte de concreto à base de pedra-pomes (rocha vulcânica) como agregado, o qual possui o ar encapsulado por meios naturais (LIGHTWEIGHT CONCRETE, 1963).

As primeiras aplicações comerciais do concreto leve datam ainda da década de 1930. Atualmente, é largamente aplicado como isolante acústico em pisos, no preenchimento de lajes não portantes, isolamento de coberturas, enchimento de revestimento de túneis e cabeceiras de pontes, dentre outros.

“Nos Estados Unidos, os estudos sobre concreto de cimento e polímero foram iniciados em 1952, e a primeira aplicação prática foi na restauração do tabuleiro de concreto da ponte Cheyboygan, Michigan, em 1959, e que ainda hoje apresenta boas condições de utilização” (TEZUKA, 1988).

Legatski (1994) destacou os exemplos de utilização do concreto leve como isolante acústico, superfície corta-fogo, enchimento de lajes com rebaixos, reabilitação de pisos em construções antigas, camadas de regularização de lajes de impermeabilizações, bases de pistas de autoestradas, aeroportos e estradas de ferro, e até como solução alternativa na área geotécnica, substituindo e/ou reforçando solos pobres. Afirmou também que os principais fatores que afetam a resistência à compressão do concreto leve são: massa específica, consumo de cimento, consumo total de água (líquido + espuma), tipo e quantidade de agregado, aditivo e condição de cura.

Ferreira (1986) divide as aplicações do material em concretagem *in loco* e produtos pré-moldados, como blocos e placas divisórias. Como exemplo de aplicação do primeiro caso, além dos já citados, ressalta-se a propriedade de absorção de energia mecânica (ao choque), sendo utilizado como assentamento de tubulações subterrâneas e grauteamento de túneis subterrâneos; e a propriedade de isolamento térmica no uso como revestimento em tanques armazenadores de gasolina, gás natural liquefeito, produtos químicos, frigoríficos e fornos de alta temperatura.

A partir dos anos 70, com o rápido aprimoramento da tecnologia dos concretos e o desenvolvimento de novos materiais componentes, tornou-se mais fácil a obtenção de concretos com alta resistência mecânica e alta durabilidade. Esses desenvolvimentos também foram aplicados nos concretos leves, aumentando, ainda mais, o potencial de utilização desse material na construção civil. Alguns estudos recentes apresentam concretos leves com resistência à compressão superior a 100 MPa, com massa específica em torno de 1.750 kg/m^3 (fator de eficiência igual a $57 \text{ MPa.dm}^3/\text{kg}$) (ZHANG e GJÖRV, 1991a).

Na década de 90, Teixeira (1992) avaliou o CCE como material viável, já que suas características físicas e mecânicas podem ser controladas através de sua massa específica no estado plástico ou endurecido. Além das vantagens de isolamento térmico, acústico e de incombustibilidade, atendendo as condicionantes técnicas do processo, apresenta elevada trabalhabilidade com tempos de desforma reduzido.

2.1.4.2. Propriedades do Concreto Leve

Os concretos leves são reconhecidos pelo seu reduzido peso específico e elevada capacidade de isolamento térmico e acústico.

Enquanto os concretos normais têm sua densidade variando entre 2.300 e 2.500 kg/m^3 , os leves chegam a atingir densidades próximas a 500 kg/m^3 . Cabe lembrar que a diminuição da densidade afeta diretamente a resistência do concreto.

Os concretos leves mais utilizados são os celulares, os sem finos e os produzidos com agregados leves, como isopor, vermiculita e argila expandida.

2.1.4.3. Classificação do Concreto Leve

O concreto leve abrange uma família com diferentes aspectos e podem ser divididos em dois grandes grupos, os aerados com agente espumígeno (espuma pré-formada) e os aerados quimicamente (aditivos), onde as diferenças encontram-se no processo de formação dos poros.

O agente aerador químico é resultado de uma reação entre uma substância que pode ser: pó de alumínio, pó de zinco, peróxido de hidrogênio (água oxigenada) ou cal clorada, com os

outros componentes presentes na argamassa, gerando poros ou células de hidrogênio. Tais reações ocorrem antes do início da pega do cimento, gerando poros antes do seu endurecimento.

E o concreto aerado com um agente espumígeno preparado a partir de uma composição estável de espuma pré-formada, caracterizado por uma forte tensão superficial das microbolhas, impedindo-as de se unirem, mesmo quando sujeitas à pressão decorrente da mistura com o cimento.

Para o CLE ambos os tipos de incorporador de ar podem ser utilizados para sua produção.

2.1.5. Avaliação da Conformidade – Nomas Técnicas

A produção e controle de qualidade do concreto leve atualmente são regidos pelas seguintes Normas Brasileiras:

- ABNT NBR 12.644:2014 - Concreto Leve Celular Espumoso - Determinação da Densidade de Massa Aparente no Estado Fresco;
- ABNT NBR 17.071:2022 - Parede de concreto celular estrutural moldada no local para a construção de edificações - Projeto, execução e controle - Requisitos e procedimentos.

A resistência aos 28 dias deve atender ao mínimo de 2,5 MPa, com uma densidade em torno dos 1.500 kg/m³. O agregado utilizado no concreto celular atende ao disposto na NBR 7211 - Agregados para Concreto - Especificação.

Alem de disso, o CLE também deve se adequar e atender, como já pontuado anteriormente, pelas normas da ABNT NBR 12.655 / 2022 – Concreto de Cimento *Portland* – Preparo, Controle e Recebimento – Procedimento e a Norma ABNT NBR 15.575 - 1 a 6 / 2021 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Requisitos Gerais.

2.1.6. Estado da Arte

Neste capítulo apresentam-se dados sobre propriedades e características dos concretos leves, modificados com a adição de diferentes tipos de materiais, a fim de fundamentar a avaliação das alterações decorrentes da substituição dos agregados tradicionais (areia e brita) por agregados artificiais leves. Os concretos celulares foram incluídos nesta pesquisa bibliográfica, devido ao número restrito de trabalhos científicos sobre concreto leve.

Georgiades e Marinos (1991) concluem em seu estudo que o efeito da retração por secagem na estrutura do concreto aerado autoclavado é uma função do volume e da superfície específica dos micro-poros da sua estrutura, especialmente dos poros de menor dimensão, com raios de 20 a 200 Å – Angstrom (10⁻¹⁰m).

McCormick (1997) comparou os resultados do CCE produzido com areias naturais quartzosas e argilas expandidas por sinterização, concluindo que módulos de finura menores conduzem a maiores resistências à compressão.

Bouguerra et al. (1998) pesquisaram os efeitos da microestrutura nas propriedades mecânicas e térmicas do concreto leve com agregado de argila e madeira. Técnicas de porosimetria, por intrusão de mercúrio, mostraram que o aumento do agregado de madeira provoca um aumento na proporção e no tamanho dos poros no material e conseqüentemente melhora a condutividade térmica do compósito.

Narayanan e Ramamurthy (2000) investigaram a estrutura e as propriedades do concreto celular e observaram que: (i) o método de formação de poros e de cura tem um papel significativo na sua microestrutura e propriedades; (ii) as propriedades são influenciadas pela densidade e pelo teor de umidade, (iii) a composição química varia com o método de cura; (iv) a resistência do concreto celular autoclavado é significativamente mais elevada em função do exposto no item anterior; (v) a porosidade é considerada importante para determinação da resistência à compressão do concreto celular e algumas expressões matemáticas têm sido propostas; (vi) a contração por secagem do concreto celular autoclavado é menor, de um quarto a um quinto, do que o concreto celular não autoclavado, sendo essa contração também influenciada pelo clima; (vii) o concreto celular exibe bom desempenho em suas características funcionais.

Paul et al. (2003) desenvolveram um teste, baseado na norma norte-americana ASTM C666 (*American Society for Testing and Materials*), para análise da resistência e durabilidade de estruturas pré-formadas de concreto celular espumoso nos ciclos de gelo e degelo. Os autores concluíram que a resistência à compressão, a profundidade de penetração inicial e a taxa de absorção e adsorção da água são variáveis importantes na produção de concreto celular resistente aos ciclos de congelamento e descongelamento, enquanto a densidade e a permeabilidade mostraram-se propriedades de pouca influência.

Kus e Carlsson (2003) investigaram a microestrutura do concreto aerado autoclavado, particularmente quanto à degradação química, no processo de carbonatação. As inspeções visuais foram feitas por meio de microscopias óptica e eletrônica de varredura (MEV), enquanto as químicas e estruturais foram baseadas em análise de difração de raios-X (XRD) e espectroscopia de energia dispersiva (EDS). Os resultados indicam claramente a lixiviação da camada superficial em contato com o ar, resultando em maiores espaços vazios.

Zhang e Gjorv (2004) mostraram que a zona de interface do agregado leve com a pasta de cimento depende da porosidade na superfície do agregado.

Haque et al. (2004) pesquisaram a resistência e a durabilidade dos concretos leves usando como agregado a areia de duna. Seus estudos constataram que, quanto maior for a penetrabilidade da água no concreto, maior será a condução de substâncias nocivas, como o dióxido de carbono, íons de cloreto e sulfato para o interior desse. Sendo assim, a profundidade da penetrabilidade da água em um concreto pode ser usada como um indicador da sua durabilidade e resistência.

Nambiar e Ramamurthy (2007) pesquisaram sobre as características de absorção do concreto celular espumoso e verificaram que os valores de absorção de água são inferiores nos concretos com espuma em relação aos sem espuma, devido à redução da pasta de cimento, e que o valor da absorção diminui com o aumento do volume da espuma. Também constataram que o grau de absorção depende do tipo de agregado, densidade e estrutura dos poros, além do mecanismo de permeação.

2.1.6.1. Concreto Celular e Concreto Leve Modificado com Adições de Agregados Leves

Materiais construtivos, como concretos e argamassas, produzidos à base de aglomerante hidráulico de cimento Portland, costumam apresentar limitações com relação à resistência à tração na flexão, ataque de agentes agressivos, abrasão e absorção de água, entre outros. Para combater esses aspectos negativos, novas tecnologias têm sido desenvolvidas, dentre as quais, a adição de polímeros tem apresentado resultados satisfatórios (TEZUKA, 1988).

2.1.6.2. Concreto com Adição de Polímero

Rebeiz (1996) investigou os esforços sofridos no concreto reforçado com resina de poliéster insaturado, a base de resíduo de plástico PET reciclado, e constatou que as resinas com base em PET reciclado podem ser usadas para produzir pré-moldados de concreto de boa qualidade.

Naik et al. (1996) relataram que a resistência à compressão do concreto diminuiu com o aumento do montante de plástico no mesmo; em especial, acima de 5%, além do peso total da mistura.

Givanildo (1998), descreve o estudo sobre o aproveitamento, na construção civil, do resíduo de E.V.A. (Ethylene Vinyl Acetate), polímero muito utilizado na indústria calçadista. Concluiu informando que um novo tipo de concreto leve pode ser obtido, contudo com propriedades diferentes do concreto celular espumoso.

Fowler (1999) pesquisou o concreto com polímero. Entre as possíveis aplicações identificadas, destacou: reparos no concreto com cimento epóxi, componentes pré-fabricados

esbeltos, aumento na durabilidade das estruturas e proteção de estruturas metálicas com capeamento usando misturas de cimento com polímero, dentre outras.

Ravindrarajah (1999) observou que o uso de poliestireno como agregado no concreto, além de reduzir a densidade, também proporciona maior durabilidade contra-ataques de sulfato e ciclo de degelo.

Sayil e Gurdal (1999) analisaram o uso do poliestireno em blocos de gesso. Verificaram que o uso de 50% a 70% de pérolas de poliestireno reduziu a densidade de 690 para 208 Kg/m³ ea condutividade térmica de 2,740 para 0,183 W/m°C.

Rossignolo e Agnesini (2002) estudaram as alterações nas propriedades mecânicas do concreto leve como consequência da adição de agregado leve à base de borracha de estireno-butadieno. Observaram redução na absorção de água, aumento da resistência dos esforços de compressão de 39,5 para 51,9 MPa, redução da densidade de 1.605 para 1.460 Kg/m³, além de ótima trabalhabilidade do material.

Rossignolo e Agnesini (2004) investigaram o efeito da borracha (estireno-butadieno) na durabilidade do concreto celular, obtendo resultados que indicaram melhor desempenho do mesmo em ambientes corrosivos.

Folgueras et al. (2004) pesquisaram a adição de resíduo de poliuretano expandido (PU) na confecção de blocos de concreto leve, encontrando resultados satisfatórios nos ensaios de resistência mecânica, atendendo as normas brasileiras vigentes, e com redução de peso da ordem de 11,3%, se comparado com o bloco sem o resíduo. Porém, algumas considerações devem ser feitas quanto ao grau de compactação, a quantidade e o tamanho do PU, a absorção dos grãos de PU, a mudança dos agregados naturais, a umidade da mistura e a forma geométrica das peças, pois todas estas variáveis alteram os resultados obtidos.

Laukaitis et al. (2005) investigaram a zona de contato entre as pérolas de poliestireno expandido e o cimento do concreto, além do seu efeito no compósito. Determinaram que a interface entre eles é muito estreita, sem quebras ou fraturas, e a aderência desses componentes depende do tamanho e forma do grânulo empregado, como também a resistência e condutividade térmica do material dependem da densidade ou quantidade de polímero utilizado. Verificaram, ainda, que no compósito com essa mistura, de densidade entre 150 e 170 kg/m³, o coeficiente de condutividade térmica fica entre 0,060 e 0,064 W/mK e a resistência à compressão entre 0,25 e 0,28 N/mm².

Castro e Mattos (2005) estudaram a aplicação de raspas de pneu, pérolas de PET e resíduos plásticos em artefatos de concreto, onde os resultados do programa experimental indicaram um elevado potencial para aplicação de todos os resíduos estudados na produção de blocos para alvenaria de vedação em habitações de caráter social.

Choi et al. (2005) estudaram os efeitos do resíduo granulado de garrafas PET e da escória granulada de alto-forno, usados como agregados leves, nas propriedades do concreto. Observaram a redução da densidade (2 a 6%) e da resistência à compressão (33%), conforme se aumenta o fator do resíduo de PET e o fator água-cimento; enquanto a trabalhabilidade melhora consideravelmente. Também observaram que a escória de alto-forno, aderida à superfície dos grânulos de PET, promove um fortalecimento da estrutura superficial desse resíduo, estreitando suas zonas interfaciais de transição, devido à uma reação do hidróxido de cálcio da escória com a pasta de cimento.

Marinho et al. (2006) analisaram o efeito das fibras álcali-resistentes como agregado no concreto celular espumoso. Os resultados obtidos mostraram a viabilidade da adição de fibras de polipropileno e vidro álcali-resistente, na concentração de 3,0%, no CCE, com o objetivo de aumentar a resistência mecânica e reduzir o consumo de material sem causar alterações significativas nas propriedades térmicas, fatores que poderão determinar a construção de peças mais esbeltas e, conseqüentemente, baratear o custo de produção do CCE, principalmente para habitações de interesse social.

Batayneh et al. (2006) mostraram que há redução da resistência à compressão, com o aumento na proporção de plástico na mistura de concreto. Para a proporção de 20% de plástico em relação à areia, a resistência à compressão foi reduzida em até 70%, em comparação com o concreto normal.

Daneti et al. (2006) estudaram o efeito do tamanho do agregado de poliestireno nas características de resistência e na absorção d'água do concreto leve. Foram usados o poliestireno expandido (EPS) e não expandido (UEPS). O concreto com UEPS apresentou melhor resistência à compressão, respeitando a mesma densidade para ambos os casos. Concreto com pérolas (ou grãos) menores de EPS apresentou maior resistência à compressão do que o com pérolas maiores. E quanto maior a quantidade e o tamanho das pérolas de EPS, tanto maior sua absorção d'água, pois também aumenta o número de fissuras.

Phaiboon e Mallika (2007) realizaram um estudo sobre a reutilização do resíduo de plástico termofixo no concreto celular, juntamente com pó de alumínio, cinza de carvão e areia. A adição de plástico e pó de alumínio reduz a densidade do concreto celular, mas compromete sua resistência. A cinza de carvão e a areia melhoram sua resistência, porém aumentam a densidade, pelo seu alto peso específico. O estudo revelou um traço favorável de 1,0:0,8:0,3:0,9 (cimento, areia, cinza de carvão, plástico termofixo), para obter-se um concreto celular com resistência à compressão e densidade satisfatórias para utilização não estrutural: 4,14 N/mm² e 1395 kg/m³, respectivamente.

Marzouk et al. (2007) estudaram os efeitos do resíduo de PET na densidade e na resistência à compressão do concreto. Verificaram que ambas diminuíram quando o agregado de PET excedeu 50% em volume de areia.

2.2. Lei de Adoção da Inovação

Inovação não é somente sobre investir em tecnologias que estão na moda ou simplesmente produzir algo novo e lançar no mercado. É preciso observar como esse produto ou serviço vai ser recebido e se realmente causará o impacto necessário na vida das pessoas.

As empresas conseguem reduzir o desperdício e maximizar esse impacto ao entender bem como os consumidores recebem novos itens.

2.2.1. Rogers & Moore

Em seu trabalho Moore afirma “A Tese de Geoffrey A. Moore assenta na ideia de que a taxa da difusão no ciclo de vida da adoção de tecnologias não é contínua nos mercados de alta tecnologia. Moore argumenta que existe um abismo entre os consumidores que adotam o produto bem cedo (early adopters) - entusiastas e visionários da tecnologia - e a maioria inicial (os pragmáticos). Isto porque os visionários e os pragmáticos têm expectativas bem diferentes. Moore expõe estas diferenças e sugere técnicas para atravessar o abismo, incluindo escolher um mercado alvo, compreender a noção do "produto total", posicionamento do produto, estratégia de Marketing, escolha do canal de distribuição e preços apropriados”, Gláucio (2023).

“Moore baseou seus estudos na Lei da Difusão da Inovação do professor Everett Rogers. O número cabalístico que indica quem realmente aceitaria inicialmente sua inovação perfaz, estatisticamente, menos de 2,5% do Mercado que você pensava ter”, Gláucio (2023).

Considerando os dois últimos parágrafos acima expostos, e apesar da lei se aplicar a mercados de alta tecnologia, consideramos o nosso produto com perfil alinhado com a lei de Moore e o planejamento deste trabalho julgou importante analisar o exposto por Rogers e Moore em sua lei de adoção e inovação, para saltar o abismo e não sofrer um fracasso no projeto de explorar comercialmente o CLE.

Para tanto, consideramos em curto prazo, atingir 3% do mercado consumidor de blocos e tijolos, meio por cento mais que o sugerido por Moore, como apresentado no plano de negócios. Bem como, gerar um “marketing de conteúdo” personalizado e de qualidade, formando um cliente fiel que advogará nossa causa, marca e produto. Desta forma, esses clientes serão nossa ponte para atravessar o abismo e navegarmos no oceano azul.

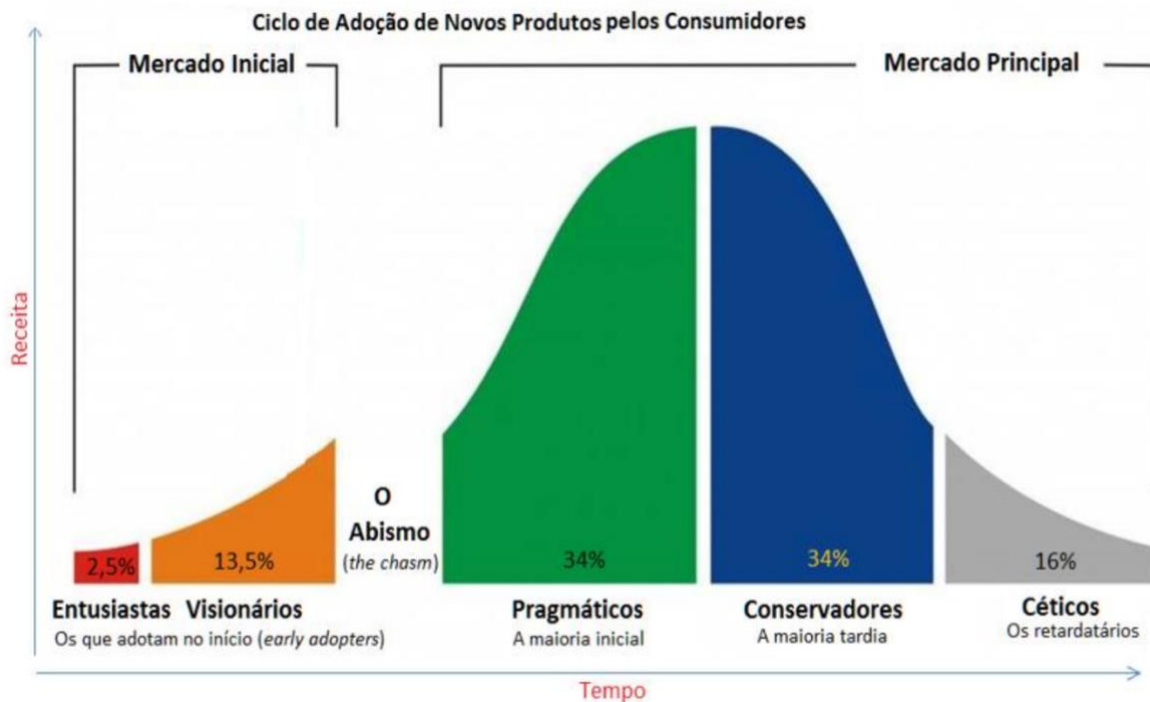


Gráfico 2.2.1 - Lei de Adoção e Inovação de Rogers & Moore

2.2.2. Modelo Canvas

A seguir apresentamos o modelo Canvas para o negócio do projeto CLE.

<p>Principais Parceiros</p> <p>Com quem você trabalhará para administrar o negócio? Especifique seus parceiros e as funções que eles exercem.</p> <p>Isoblok Engenharia - Empresa certificada de controle tecnológico de materiais e concreto que fará ensaios de validação da qualidade do produtos para os clientes que também trabalham com selo de qualidade.</p> <p>Além de disponibilizar infra-estrutura para a fabricação do CLE - Concreto Leve Ecológico - Compósito de Materiais com Reduções de Custos e Impacto Ambiental na Construção Civil</p> <p>Guilherme Melo - Eng. Dr.com expertise em materiais, concreto, ensaios e mercado da construção civil.</p> <p>8</p>	<p>Principais Atividades</p> <p>Quais são as tarefas e atividades realizadas diariamente na empresa?</p> <p>Produzir e vender o CLE - Concreto Leve Ecológico - Compósito de Materiais com Reduções de Custos e Impacto Ambiental na Construção Civil, através de uma linha de produção eficiente e com qualidade.</p> <p>6</p> <p>Principais Recursos</p> <p>Que coisas tangíveis e intangíveis você usa para fazer o produto?</p> <p>Patente depositada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI.</p> <p>Farta disponibilidade do resíduo empregado no CLE.</p> <p>Demais matérias-primas de fácil obtenção, baixo custo e diversidade de fornecedores.</p> <p>7</p>	<p>Proposição de Valor</p> <p>Qual é a necessidade que você está tentando suprir? Que valor o seu produto oferece para o público-alvo?</p> <p>Um produto inovador e ecológico, com qualidade técnica e desempenho diferenciado do seus concorrentes e com melhor valor de mercado.</p> <p>Maior valor agregado.</p> <p>Mais competitivo economicamente - aproximadamente 10% mais econômico que o concorrente.</p> <p>Apelo ecológico - Selo Verde.</p> <p>2,5 mais leve que o concorrente - maior produtividade.</p> <p>Melhor design e apresentação que os concorrentes.</p> <p>Produto Patentado.</p> <p>2</p>	<p>Relações com o Consumidor</p> <p>Que relacionamentos você estabelecerá com cada segmento de clientes?</p> <p>Telefone E-commerce - Site - Digital WhatsApp Redes Sociais - Instagram</p> <p>3</p> <p>Canais</p> <p>Onde o produto estará disponível? Liste de que maneiras você planeja alcançar seu público-alvo,</p> <p>Venda B2B e B2C</p> <p>4</p>	<p>Segmentos de clientes</p> <p>Qual é o seu mercado-alvo?</p> <p>Quais são as características dos primeiros a adquirirem seu produto? Liste os grupos que você acredita que vão se interessar pelo seu produto?</p> <p>Segmento da Construção Civil.</p> <p>Construtoras - Todos os partes.</p> <p>Lojas de material de construção civil - pulverizando o produto no mercado.</p> <p>1</p>
<p>Estrutura de Custo</p> <p>Quais são os custos fixos e variáveis do lançamento do produto? Considere o custo em cada etapa - desde a criação e contratação até marketing e distribuição</p> <p>Desenvolvido no Software Make Money da Starta e apresentado no TCC.</p> <p>Alguns dos custos explorados e apresentados pelo software:</p> <ul style="list-style-type: none"> Investimento inicial Equipe Terceiros Remuneração de sócios Despesas fixas Frete Embalagem Matérias-primas/Insumos Capital de giro <p>9</p>	<p>Fontes de Receita</p> <p>Como você vai gerar renda? Mostre um modelo de preços do seu produto ou serviço e inclua outras fontes de receita como taxas de vendas e assinatura.</p> <p>Desenvolvido no Software Make Money da Starta e apresentado no TCC.</p> <p>Fluxo de Caixa e Projeção de Resultados apresentados pelo software:</p> <ul style="list-style-type: none"> Payback em 2 anos VLP - Valor Presente Líquido 5 anos = R\$ 1.676.375,77 10 anos = R\$ 3.256.873,85 TIR - Taxa Interna de Retorno: 5 anos = 191% 10 anos = 196% <p>5</p>			

Tabela 2.2.2 - Canvas para negócios do projeto CLE (vide anexo modelo ampliado).

Um Canvas de projeto é uma ferramenta de planejamento estratégico, que contém as principais informações sobre um projeto. Ele está estruturado em um quadro dividido em alguns blocos, que normalmente são preenchidos com as informações mais relevantes do projeto, permitindo desenvolver e esboçar modelos de negócio.

2.2.3. Tam, Sam e Som

TAM, SAM e SOM é um método utilizado para calcular o mercado potencial de empresas e startups, geralmente utilizado para apresentar a potenciais investidores. Ou seja, quanto de recurso financeiro é movimentado anualmente no seu mercado de atuação.

O TAM SAM SOM é importante para conhecer o tamanho de mercado que sua empresa atua, e entender quais são as suas perspectivas de crescimento. Também é importante na hora de captar investimentos, para que o investidor entenda o seu potencial de mercado.

O TAM (*Total Available Market* ou Mercado Total) é o Mercado total, ou seja, é a demanda total do mercado por um produto ou serviço. Para estimar esse número, você precisa combinar as receitas de todas as empresas do mercado em que a sua empresa está.

O SAM (*Serviceable Available Market* ou Mercado Endereçável) é a parte do TAM que está dentro do seu alcance geográfico. Ou seja, é a fatia que sua empresa realmente tem potencial de atingir nos próximos anos, considerando a região, especificidades do seu produto e o crescimento do próprio mercado.

O SOM (*Serviceable Obtainable Market* ou Mercado Acessível) é a parte do SAM que você pode conquistar, isto é, uma previsão realista de aquisição de clientes. O SOM deve levar em conta o máximo de variáveis possíveis, como concorrência, distribuição, canais de venda, localidade e quaisquer influências externas.

No que se refere a “representatividade do segmento no país”, o setor cerâmico responde com 4,9% da indústria da construção civil, gerando cerca de 300 mil empregos diretos chegando a faturar 21 bilhões anualmente (SEBRAE, 2021). Na região Nordeste, este setor vem mostrando bom desempenho e sendo responsável por 21,25% da produção de cerâmica no Brasil, ficando atrás somente da região Sudeste que representa 44,38% e da região Sul que representa 21,34% da produção brasileira de cerâmica (SEBRAE, 2015).

No Nordeste, o estado do Rio Grande do Norte é um importante polo de produção de cerâmica vermelha. O mais recente estudo que está sendo realizado pelo Sindicato da Indústria de Cerâmica para Construção do Estado do Rio Grande do Norte – SINDICER, ainda não publicado (previsão agosto 2023), o setor cerâmico movimenta aproximadamente 400 milhões de reais por ano.

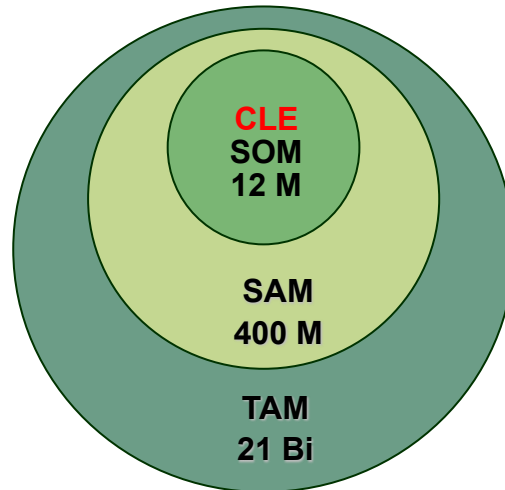


Tabela 2.2. – Tam, Sam e Som do projeto CLE.

Como a meta ou estratégia de ação do plano de negócios para explorar o CLE comercialmente é partir com uma produção de 3% do mercado regional, podemos dimensionar o TAM do CLE em R\$ 21 bilhões, o SAM em R\$ 400 milhões e o SOM em R\$ 12 milhões

Essa é a melhor forma que as startups de sucesso utilizam para calcular o seu mercado potencial.

3. METODOLOGIA

3.1. Desenvolvimento Tecnológico

Entende-se por traço de qualquer concreto ou argamassa a indicação das proporções dos seus componentes (FIORITO, 1994).

Os traços de partida do CLE se encontram na Tabela 3.1, desenvolvidos por este estudante pesquisador durante sua tese de doutorado e por meio de ensaios no laboratório da empresa ISOBLOK Engenharia e Tecnologia Ltda. (MELO, 2009).

Concreto Leve Ecológico – CLE				
Traços para 1 metro cúbico de CLE				
MATERIAIS	Densidade seca (kg/m ³)			
	400		600	
	Kg	Vol.	Kg	Vol.
Areia	-	-	210	79
Cimento	300	97	310	100
Água na Argamassa	110	110	110	110
Aditivos (litros)	-	8	-	6
Totais	470	1.007	684	1.004
Consumos e Taxas				
Fator Água/Cimento	0,57		0,53	
Ar no Concreto (%)	8		6	

Tabela 3.1 - Quantidade de material para os traços com 400 e 600 kg/m³.

Não obstante, nada impede o uso do resíduo do polímero com outras densidades quando houver necessidade de materiais com maior resistência ou em diferentes aplicações. É o caso da produção dos painéis (paredes e fachadas) para produção de habitações de interesse social.

O procedimento geral, com cada etapa do planejamento experimental, pode ser acompanhado no diagrama apresentado na Figura 3.1.

3.1.1. Caracterização dos Materiais de Partida

Os materiais de partida que fazem parte da formulação do CLE são: cimento *Portland*, agregado miúdo (areia fina), resíduo de polímero, aditivo agente incorporador de ar e água.

3.1.2. Massa Específica e Massa Unitária dos Materiais de Partida

A Tabela 3.2 apresenta os resultados das massas específicas e massas unitárias dos materiais de partida utilizados no CLE.

Ensaio	Método	Resultado
Cimento		
Massa específica (g/cm ³)	NBR NM52/2003	3,48
Massa unitária (g/cm ³)	NBR NM45/2006	0,98
Agregado Miúdo – Areia		
Massa específica (g/cm ³)	NBR NM52/2003	2,57
Massa unitária (g/cm ³)	NBR NM45/2006	1,41
Resíduo de Poliestireno Expandido – EPS		
Massa específica (g/cm ³)	NBR NM52/2003	1,42
Massa unitária (g/cm ³)	NBR NM45/2006	0,06
Resíduo de Politereftalato de Etileno – PET		
Massa específica (g/cm ³)	NBR NM52/2003	1,36
Massa unitária (g/cm ³)	NBR NM45/2006	0,05

Tabela 3.2 - Massas dos materiais de partida.

Observando-se os resultados apresentados na Tabela 3.2, verifica-se que o resíduo de EPS e PET possuem massa específica e unitária inferior ao aglomerante (cimento) e ao agregado miúdo (areia) utilizados na pesquisa.

Segundo Petrucci (1993), a influência dos agregados miúdos na resistência é devida à granulometria, sendo que o agregado graúdo influencia em função da forma e textura da partícula. No caso dos agregados miúdos, quanto mais finos, mais superfícies específicas terão, exigindo assim, uma maior quantidade de água para molhar os grãos, consequentemente, ocorrerá diminuição da resistência mecânica.

Tommy et al. (2007) destacam que a resistência do concreto com agregado leve está mais relacionada com a densidade do agregado do que com o tamanho das suas partículas. Sendo assim, o resíduo de EPS não oferece aumento significativo na resistência no CLE,

podendo causar até efeito contrário. Em contrapartida, o resíduo de EPS favorece a manutenção da baixa densidade do CLE, essencial para o confinamento do resíduo, satisfazendo o objetivo do produto final.

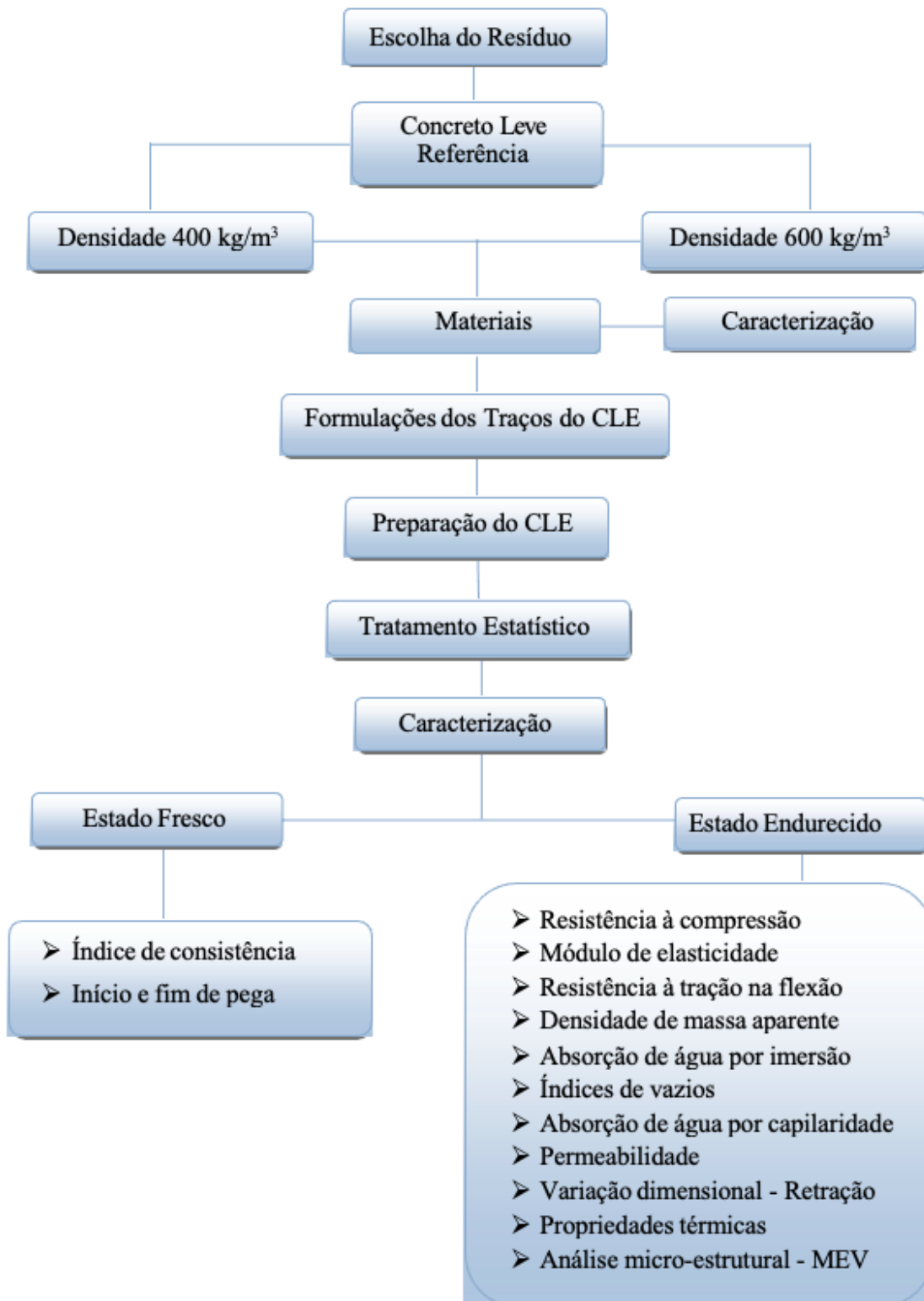


Figura 3.3 – Diagrama esquemático do procedimento experimental do CLE.

3.2. Modelagem de Negócio

Um estudo da viabilidade financeira faz parte dessa pesquisa, sendo aqui apresentados resultados relevantes do concreto leve ecológico – CLE.

3.2.1. Estratégia de Ação

A principal meta em curto prazo é consolidar o mercado para produtos fabricados com base no CLE. Para tanto, ofereceremos um material alternativo aos convencionais, que reúne as vantagens que mais interessam aos clientes: resistência, leveza (facilidade de instalação = economia de mão-de-obra), rapidez na entrega, apelo ambiental e menor custo.

A produção do CLE será dotada de capacidade para atender inicialmente a demanda de blocos para lajes, e em seguida a demanda de painéis para paredes. Entretanto, ao final de cada semestre será feita uma reavaliação com objetivo de acompanhar/validar o planejamento do período anterior, o que possibilitará adaptações e correções de distorções.

Após o primeiro semestre, a empresa diversificará sua produção a cada semestre subsequente. Serão introduzidos no mercado: tijolos para construção de paredes internas, painéis de isolamento térmico e acústico para coberturas, paredes, pisos, juntas de dilatação e finalmente elementos estruturais completos para construção de habitações de interesse social.

A produção do CLE será planejada para entrar no mercado da construção civil com a seguinte estratégia:

- Iniciar sua produção visando 3% do mercado estadual de blocos para lajes (100.000/mês); aumentar a produção em 20% a cada semestre, o que permitirá atingir 10% do mercado ao fim de 5 anos (aproximadamente 335.000 ou 335 milheiros/mês);
- Oferecer um produto alternativo que atenda perfeitamente às exigências técnicas específicas para o produto, com vantagens do ponto de vista técnico e ambiental, além de ser em torno de 15% mais barato que o concorrente;
- Difundir informações técnicas sobre o produto junto à comunidade ligada à construção civil: engenheiros, arquitetos, construtores, instituições de ensino, etc;
- A conquista do mercado com o primeiro produto permitirá que a empresa passe à fase seguinte, diversificação da produção. Além dos projetos já citados (placas isolantes e juntas de dilatação), a empresa criará e manterá canais de comunicação (entrevistas, telefones e internet) para descobrir necessidades específicas do consumidor, sejam elas relativas aos produtos que já colocou no mercado ou novas

demandas, que serão analisadas pela equipe de criação. Essa será a estratégia para conquistar a fidelidade do cliente.

Depois de consolidar a penetração de seus produtos no mercado local, fase que levará de 3 a 5 anos, a empresa iniciará a etapa de expansão. Com base nos resultados obtidos nas etapas anteriores, a colocação dos produtos nos mercados dos estados vizinhos deverá seguir uma estratégia diferente daquela utilizada no mercado local: em vez de tentar conquistar mercados específicos um a um, serão disponibilizados simultaneamente todos os produtos fabricados com o compósito CLE.

Essa estratégia agressiva será necessária para garantir o retorno do investimento em um prazo inferior a 3 anos. Está previsto nessa fase o licenciamento dos produtos para fabricação, distribuição e venda por terceiros, mediante contrato (essa meta justifica os investimentos iniciais em processos de patentes). O controle rigoroso da qualidade dos produtos servirá de critério para manutenção ou rescisão dos contratos.

Em longo prazo a empresa pretende estabelecer-se em terreno próprio, com acesso próximo às vias de escoamento da produção, dispondo de infraestrutura para automatizar sua linha de produção e áreas para instalação dos setores comercial e administrativo.

3.2.2. Ameaças

O setor da construção civil no Rio Grande do Norte e estados vizinhos é um dos que mais crescem em todo Norte-Nordeste. O consumo de cimento per capita é elevado. Não há indícios de possível crise no setor, fato este comprovado pelo aumento na quantidade de construtoras, empresários e investidores nacionais e estrangeiros atuando no estado.

Ainda na fase de elaboração deste projeto, foi constatado que o mercado do compósito CLE é de fácil identificação, envolvendo pequenos, médios e grandes construtores, fato que permitirá flexibilidade de atuação à empresa.

O principal concorrente é a indústria cerâmica, principal produtora de blocos para lajes. Em visitas às indústrias de cerâmica da região, é flagrante a completa estagnação tecnológica. Contrapondo-se a esta realidade, o CLE será no mercado um produto inovador, resultante de desenvolvimento tecnológico que tem sua origem na pesquisa aplicada.

O CLE deverá enfrentar a reação dos produtores concorrentes, uma vez que colocará no mercado um produto melhor a menor custo. Contudo, como a parcela de mercado inicial é pequena, e pretende-se levar 5 anos para atingir 10% do mercado local, possivelmente o impacto não será imediatamente percebido pela concorrência, principalmente porque a concorrência tem como produtos principais as telhas e os tijolos, sendo os blocos para lajes um produto secundário

(como mostra a estatística do estudo: Perfil Industrial e Mercadológico da Cerâmica Vermelha no Rio Grande do Norte, *realizado* pela parceria estabelecida entre FIERN, CNI, SINDUSCON, SENAI e SINDICER).

Seguramente, o maior desafio será a quebra do paradigma do consumidor, acostumado aos elementos construtivos convencionais (blocos cerâmicos). Vencer a desconfiança e fazer com que o mercado considere um novo produto como alternativa para preenchimento de lajes exigirá investimentos adicionais da empresa em difusão de informação (sites, propagandas, divulgação em feiras da construção, exposição em lojas de materiais de construção, etc.).

Como pontos fracos do projeto podem ser citados:

- Estrutura inicial pequena e dependente de Parceiras.

Atitude para minimizar o risco: Atitude para minimizar o risco: Crescer e obter estrutura própria.

- Parte do nicho de mercado (edifícios muito altos) não costuma utilizar lajes pré-moldadas, apenas lajes maciças.

Atitude para minimizar o risco: Oferecer outros elementos construtivos da empresa.

- Risco de o fornecedor do resíduo industrial deixar de fornecer o insumo sem custos, ou de não mais o fornecer.

Atitude para minimizar o risco: O CLE minimiza esse cenário com a pesquisa de vários resíduos diferentes a serem utilizados.

- Alta rotatividade de pessoal da linha de produção, devido ao fato de ser uma atividade basicamente manufatureira. Esse tipo de atividade absorve muitas pessoas com baixo grau de instrução, que desistem com facilidade, o que pode gerar problema de continuidade do trabalho, garantia de qualidade e cumprimento dos prazos.

Atitude para minimizar o risco: Incentivos e treinamentos para os funcionários e seus familiares, dando incentivo para construção de casas de interesse social própria, bem como participação nos lucros da empresa, quando constatado crescimento e melhora no desempenho da produção.

3.2.3. Plano de Negócios

De acordo com dados de pesquisa realizada pelo SINDICER - Sindicato Industrial de Cerâmica – RN, aproximadamente 95% da produção de tijolo ou blocos para lajes e paredes são consumidos no próprio estado, o que equivale a 10 milhões de blocos por mês.

Considerando-se uma fábrica com capacidade para suprir 1% do mercado local de blocos para vedação de lajes e paredes, i.e., 100 mil blocos/mês, a um custo médio de R\$ 0,55 por bloco (valor de mercado do bloco cerâmico para laje e parede mais barato), a empresa faturaria cerca de R\$ 55.000,00/mês. Se o custo médio for reduzido para R\$ 0,50 e a capacidade de produção for aumentada para suprir 3% (300 mil blocos) do mercado, o faturamento passaria a R\$ 150.000,00 por mês.

Devido aos elementos de diferenciação associados ao CLE, acredita-se que sua margem de penetração poderá atingir 10% do mercado interno em menos de 5 anos.

A projeção de vendas e o estudo da composição dos custos do CLE mostraram que a empresa que produzir esse produto não somente irá conseguir cobrir seus gastos em curto prazo como também terá um bom retorno financeiro e boa perspectiva de rápido crescimento. Esses dados foram comprovados na elaboração do Plano de Negócios ou Plano Financeiro, onde foi calculada como produção inicial mensal de 100 milheiros de blocos/mês, representando um faturamento de R\$ 50.000,00/mês. Com a perspectiva obtida na Projeção dos Custos e Resultados e na Análise de Investimentos inicial, a empresa recuperará o investimento inicial (*payback*) em 2 anos. Com a utilização do *Software Make Money – Starta* (versão 10), o Plano de Negócios do CLE obteve valores precisos, apontando o ponto de equilíbrio do negocia a curto prazo, e retorno consideráveis e consistente aos 5, 10, 15 e 20 anos, como mostra a imagem 3.2.3.

O *Make Money* é a ferramenta ideal para testar uma idéia de produto, avaliar a viabilidade de uma inovação, planejar um novo empreendimento ou ajudar uma empresa existente a inovar, aumentar sua competitividade e acessar novos mercados.

Análise de Investimento					
Pay Back - Tempo de Retorno do Investimento		2 anos			
Atratividade (Valor Presente)					
Taxa mínima requerida de retorno (taxa de atratividade):		25,00% ao ano			
Investimento Inicial*:		(50.000,00)			
Valor Presente (Valor Atual do Fluxo de Caixa):		1.726.375,77			
VALOR PRESENTE LÍQUIDO =		1.676.375,77			
TIR - Taxa Interna de Retorno		191,5% ao ano			
Projeções de Longo Prazo**		5 anos	10 anos	15 anos	20 anos
VPL (Valor Presente Líquido) =	1.676.375,77	3.256.873,85	3.774.771,46	3.944.476,15	
TIR (Taxa Interna de Retorno) =	191%	196%	196%	196%	
Pay back - Retorno do Investimento =		2 ano(s)			
* Para o cálculo do VPL, Investimento Inicial = investimentos realizados antes da data de início das operações + capital de giro					
** Para fazer uma análise usando os anos 6 ao 20, foram usados os mesmos dados informados para o ano 5					

Tabela 3.2.3 - Resultado da análise de investimento a longo prazo do CLE.

Plano de Negócio é um estudo completo de um empreendimento e o planejamento de ações e estratégias para fazer dele um negócio bem-sucedido. Mostra, em detalhes, quem são os empreendedores, quais são os produtos/serviços; quais e quantos são os clientes em potencial; apresenta as estratégias escolhidas; a estrutura de gerenciamento; e projeções financeiras para fluxo de caixa, receitas, despesas, custos e lucros.

Qualquer ação voltada à preservação do ambiente implica em responsabilidade social. O CLE é um composto que já nasceu com esse ideal. O produto agirá dentro de determinados princípios que beneficiarão a coletividade, sem que para isso seja obrigada pela força da lei. É importante notar que nem sempre isso significa aumento de despesas ou custos de operação. É fato notório que muitas empresas que têm implantado ações específicas de preservação ambiental têm obtido expressivo retorno financeiro. Essa é a filosofia do CLE.

Além de contribuir para preservação ambiental ao reutilizar um material que seria descartado em aterro sanitário, o CLE também não utilizará lenha emitindo gases para atmosfera, como ocorre na produção de blocos cerâmicos. Hoje, a lenha já é o maior custo de produção para o setor (5,5 vezes maior que o da argila, sendo necessário aproximadamente 2,5 m³ de lenha para cada milheiro produzido a um custo de R\$ 80,00/m³ da lenha). O mais preocupante é que estudos apontam para escassez total da madeira no estado em menos de 15 anos, uma vez que não há práticas de replantio e recuperação da terra (fonte: SINDICER/RN - Sindicato das Indústrias de Cerâmicas do Rio Grande do Norte).

4. DISCUSSÃO E RESULTADOS

4.1. Concreto Leve Ecológico

A proposta do CLE é ser um material eco-eficiente para o mercado da construção civil, por meio do reuso de resíduos industriais, oferecendo uma nova opção de material construtivo para preenchimento de laje; composição de paredes internas e externas; painéis para isolamento térmico e acústico e estruturas de habitação de interesse social e comercial.

4.1.1. Ideação

Desenvolvimento de um produto inovador e com características de preservação ao meio ambiente, por meio do reuso de resíduos industriais. O CLE para lajes e paredes serão de aproximadamente 10% mais barato que o tijolo cerâmico (maior concorrente) e mais leve, melhorando a produtividade. As Habitações de Interesse Social - HIS serão mais econômicas que as casas tradicionais de alvenaria, com a vantagem ainda de ficarem prontas mais rápido.

O CLE não necessita de queima como os blocos cerâmicos para atingirem sua resistência de trabalho, evitando o uso de madeira em fornos artesanais e poluentes, como os utilizados pela indústria cerâmica. Casas de Interesse Social com CLE tem desperdício quase zero na obra, diferente do modelo de alvenaria tradicional.

4.1.2. Protótipo

O primeiro passo foi o desenvolvimento da fórmula ideal do CLE, por meio dos experimentos e ensaios necessários. Em seguida, iniciar a produção dos elementos construtivos.

A linha de produtos, aplicados à construção civil, será desenvolvida em duas etapas:

Etapa 1 – conquista de mercado (produto inovador e tecnológico, características únicas, vantagens econômicas, produto verde, eco eficiente):

- Blocos para preenchimento de lajes pré-moldadas – comercializados em centenas e milhares; e
- Painéis para construção de paredes internas, em forma de placas seguindo a nova tendência de mercado (*Drywall* – tecnologia de construção a seco) – comercializada em centenas e milhares.

Etapa 2 – diversificação (ampliação do mercado):

- Placas de isolamento térmico e acústico para coberturas, paredes e revestimentos de forro e piso – comercializados no metro quadrado;
- Juntas de dilatação – comercializados em metro linear; e
- Estrutura para casas de interesse social.

Cada produto desenvolvido a partir do compósito CLE possuirá uma fórmula de composição única, com peso específico ajustado em função do tipo de aplicação. Isso conferirá a cada produto alto desempenho e funcionalidade.

4.1.3. Validação Tecnológica

A validação do CLE se dará por meio do cumprimento das Normas Técnicas da ABNT, sendo elas as mais expressivas a NBR 12.655 / 2022 – Concreto de Cimento Portland – Preparo, Controle e Recebimento – Procedimento e a Norma ABNT NBR 15.575 - 1 a 6 / 2021 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Requisitos Gerais.

Uma vez cumprida a ABNT, o CLE estará apto a ser inserido e bem aceito no mercado, sem contestação ou infirmitade técnica.

Para tanto, protótipos do CLE serão enviados para laboratórios independentes e acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO, a fim de ser testado e receber laudos comprobatórios de sua eficiência e desempenho. Provas incontestes para sua aceitação no mercado.

4.2. Gestão da Inovação

Gerenciar a capacidade de novas ideias abrange todas as suas fases, que vai desde a sua origem, culminando na sua aplicação prática.

De uma forma geral, é possível aferir que se trata de um tipo de gestão que possui o objetivo de organizar as ideias, permitindo que a criatividade tenha caminho livre na empresa, obtendo com isso resultados positivos.

Por causa dessas características, de gerenciamento e planejamento, a Gestão da Inovação permite estruturar o processo de inovação, estabelecendo as etapas, procedimentos, recursos humanos e materiais financeiros serão usados nesse processo.

O processo de inovação conta com etapas bem definidas. Na prática, a inovação inicia com uma ideia e diante disso, logo vem o seu desenvolvimento e a validação da inovação.

No final, vem a geração de valor e a efetiva aplicação da ideia, levando em conta a importância da mensuração de resultados.

4.2.1. Oportunidades

Neste ponto, o CLE tem um trunfo: a imagem de um produto inovador, de tecnologia avançada e ecologicamente correto, i.e., em sintonia com a realidade atual.

Os principais pontos fortes do projeto são:

- Parcerias sólidas e estrutura física já existente;
- Clima favorável à secagem dos produtos praticamente o ano inteiro;
- Ótima localização em relação a fornecedores e clientes;
- Não necessita de mão-de-obra especializada na produção;
- Produtos com custo inferior ao dos produtos convencionais, maior eficiência (aproximadamente 2,5 vezes mais leve que o bloco cerâmico) e menor tempo de mão-de-obra;
- Constante aperfeiçoamento e atualização por meio de pesquisa;
- O projeto está vinculado a um TCC na UFRN que disponibilizaram infraestrutura para o desenvolvimento de pesquisas.

4.2.2. Validação da Proposta de Valor

A proposta de valor é importante por vários motivos. Um dos principais é o fato de que ela torna o ambiente um terreno fértil para o desenvolvimento e a aplicação de ideias diferenciadas.

Por isso, não é um exagero afirmar que validar o CLE é estratégico, pois está relacionado com vários elementos importantes do negócio, que vão desde o gerenciamento das finanças, da produtividade, do seu desempenho técnico, até o atendimento aos clientes.

Além disso, no atual contexto, a ONU determinou que as empresas devem ficar atentas para três pilares fundamentais: Ambiental, Social e Econômico.

Com isso, é importante ter em mente que a validação da proposta de valor influencia de forma significativa esses alicerces, que como foi bem demonstrado anteriormente, o CLE possui forte apelo em todos os 3 itens.

4.2.3. Inserção Mercadológica

Em suma, depreende-se dos dados obtidos no presente trabalho, a necessidade de um material ergonômico, prático, resiliente e inovador para o setor de construção civil, sobretudo em concorrência aos já encontrados no mercado.

No caso, fala-se em produtividade: o CLE possui massa específica inferior ao concreto convencional e é 2,5 vezes mais leve que o bloco cerâmico, o que compacta e traz leveza à estrutura.

Além disso, é capaz de substituir os elementos convencionais no preenchimento de lajes pré-moldadas, aumentando a praticidade e diversidade de materiais do setor de construção; fora as vantagens ambientais, visto que provém da reutilização de um resíduo industrial e contribui, assim, para a redução dos impactos ambientais. É um novo produto desenvolvido com critérios normatizados e científicos para o setor da construção civil, 10% mais barato e 2,5 vezes mais leve que seu concorrente direto, e ambientalmente viável.

Destarte, infere-se então que o público-alvo deve estar atrelado ao setor de construção civil, sendo, necessariamente, uma empresa voltada às últimas iniciativas de produção sustentável – ou próximo disso –, tendo como base as características ecológicas supracitadas.

Ademais, o caráter empreendedor tem de se apresentar no perfil empresarial das entidades interessadas, elencando-se a produtividade e a inovação que ditam a utilização do CLE. Afinal, como um material que torna mais prático o processo de construção, traz benesses à economia e ainda sim reduz os danos ao meio ambiente, as iniciativas não podem estar atrás – mas sempre um passo à frente, principalmente da concorrência.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo reserva-se à apresentação e discussão dos resultados das análises experimentais do concreto leve ecológico - CLE, divididas em cinco temas principais: caracterização dos materiais de partida (insumos); estudo do comportamento dos materiais integrantes da formulação do CLE após planejamento experimental; caracterização das propriedades do CLE; análise microestrutural e da interface entre o resíduo de polímero e a matriz de cimento; e um estudo da viabilidade financeira do CLE.

Este trabalho apresentou um estudo sobre um tipo particular de concreto, com características e propriedades diferenciadas em função da utilização conjunta de cimento *Portland*, cal, areia, resíduo de polímero e agente incorporador de ar. Este concreto, denominado concreto leve ecológico - CLE, encontra aplicação específica no setor da construção civil, na produção de elementos pré-fabricados, tais como painéis de vedação para paredes e lajes.

De acordo com os objetivos inicialmente estipulados, o planejamento experimental utilizado mostrou-se apropriado e eficiente para a análise do comportamento e propriedades dos materiais do concreto leve ecológico.

Com o conjunto de informações obtidas no programa experimental, observou-se que o CLE é adequado à produção de elementos pré-fabricados para construção civil, devido essencialmente à redução da sua massa específica, ao satisfatório desempenho das propriedades relacionadas à resistência mecânica e ao desempenho do isolamento térmico e acústico.

A seguir, apresentam-se as conclusões dos resultados obtidos nos estudos dos processos de dosagem, produção e caracterização das propriedades do CLE, assim como nos estudos macroestruturais da matriz de cimento e da interface agregado-matriz, como:

- O custo do CLE é 10% menor do que o seu maior concorrente, o bloco cerâmico.
- O CLE é aproximadamente 2,5 vezes mais leve que o bloco cerâmico, descarregando consideravelmente a estrutura da edificação, conseqüentemente mais econômico e com maior produtividade.

O planejamento experimental foi fundamental, no sentido de minimizar o número de experimentos no processo de desenvolvimento do CLE e obtenção da sua fórmula ideal.

No estudo da interação entre os materiais constituintes do CLE, não se observou nenhum tipo de incompatibilidade físico-química do uso conjunto de cimento *Portland*, resíduo de polímero e agente incorporador de ar.

O processo de mistura e dosagem utilizado foi satisfatório e possibilitou a obtenção do CLE com as características pretendidas: resistência à compressão de 2,5 MPa aos 28 dias e baixo índice de variação da consistência ou trabalhabilidade (NBR NM68/98).

Não se observou o fenômeno de segregação do agregado artificial leve de polímero, mas verificou-se leve exsudação após moldagem, no estado fresco, por se tratar de um concreto leve com alto fator água/cimento.

Na determinação da metodologia adequada para cura do CLE com e sem resíduo, verificou-se que o melhor procedimento, levando-se em consideração a resistência final do compósito, é a seco sob temperatura ambiente.

O CLE, para todas as dosagens estudadas, apresentou coesão e consistência adequadas no manuseio e moldagem garantindo a manutenção da trabalhabilidade, confirmado pelo ensaio de espalhamento na mesa de *Graff* - ensaio normatizado de consistência do concreto no estado fresco.

O CLE apresentou valor de massa específica no estado seco, em média, 30% acima da densidade especificada para o concreto leve tradicional sem o resíduo de polímero.

O CLE apresentou valores de resistência à compressão às 24 horas de idade acima de 2 MPa, valor usualmente considerado adequado à desmoldagem e ao transporte de peças pré-fabricadas não estruturais.

O traço de cada CLE que melhor atendeu aos requisitos técnicos e econômicos foram:

- CLE 400 - Traço - 1 : 0,2 : 0,2 - cimento : areia : polímero - 3,9 MPa aos 28 dias.
- CLE 600 - Traço - 1 : 0,6 : 0,2 - cimento : areia : polímero - 3,2 MPa aos 28 dias.

O traço do CLE 400, com 20% de polímero, mais 20% de areia, foi escolhido por oferecer a melhor relação custo \times benefício, com maior resistência e menor densidade.

Já o traço do CLE 600 foi selecionado também com 20% de polímero, mas com 60% de areia para aumentar da densidade a fim de atender satisfatoriamente à resistência exigida pela NBR (2,5 MPa aos 28 dias).

A utilização do resíduo de polímero promove o acréscimo no índice de vazios permeáveis no CLE, com variação menor no CLE 600 em relação ao CLE 400, devido a sua maior densidade e pela presença da areia, que ocupa parte dos espaços vazios.

Nos estudos microestruturais, verificou-se que a utilização do resíduo de polímero promoveu a baixa densidade esperada para o material e a manutenção da integridade, quantidade, diâmetro e morfologia dos poros da estrutura celular, além de boa interação entre a face enrugada do resíduo de

polímero com a pasta de cimento. Observou-se, também, que o CLE com agregado artificial leve de polímero apresenta valores da espessura da zona de transição agregado-matriz de cimento significativamente pequena.

A pesquisa do concreto leve ecológico – CLE contribui com os seguintes conhecimentos:

- Utilização de um resíduo industrial, outrora poluente, na formulação de um concreto leve, aerado ou não, em substituição de matérias-primas naturais, aliviando o ecossistema.
- Caracterizações físicas e mecânicas do CLE 400 e 600, atendendo aos regulamentos normativos brasileiros.
- Um novo produto desenvolvido com critérios normatizados e científicos para o setor da construção civil, aproximadamente 10% mais barato e 2,5 vezes mais leve que seu concorrente direto, e ambientalmente correto.
- Faz parte deste trabalho de TCC um anexo com os documentos e texto completo do depósito da patente do CLE no Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI.

REFERÊNCIAS

BATAYNEH, M.; IQBAL, M.; IBRAHIM, A. **Use of selected waste materials in concrete mixes.** Waste Management, doi:10.1016 / j.wasman. 2006.

BRANDÃO, GLÁUCIO BEZERRA. **Coletânea das Aulas Condensadas** (Criatividade, Empreendedorismo Inovador e mais um bocado de coisas!) Cocriadas com Leitores TOMOS I ao V das AC. AC Publicadas nos blogs Triztorming®, Newsletter LinkedIn®, TechSocial® e NossaCiência (extinto) (Período 2018 – 2022). Copyrighted Material 2023. AC: Aulas Condensadas. By GBB-San.

BOUGUERRA, A.; LEDHEM, A.; BARQUIN, F.; DHEILLY, R. M.; QUÉNEUDEC, M. **Effect of Microstructure on the Mechanical and Thermal Properties of Lightweight Concrete Prepares from Clay.** Cement, and Wood Aggregates. Université de Rennes – France. Cement and Concrete Research, Vol. 28, No. 8, pp. 1179-1190, 1998.

CALLISTER, W. D., **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução.** John Wiley & Sons, Inc., 2002

CASTRO, P. F.; MATTOS, M. P. C. **Aplicação de raspas de pneu, pérolas de PET e resíduos plásticos em artefatos de concreto.** CBPAS 2005 - V Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais e Saúde - Meio Ambiente e Saúde no País da Fome Zero. Santos, São Paulo. p. 27-31.

CHOI, Y. W.; MOON, D. J.; CHUNG, J. S.; CHO, S. K. **Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete.** Cement and Concrete Research (35) 776–781. 2005.

DANETI, S. B.; GANESH, K.; TIONG-HUAN, W. **Effect of polystyrene aggregate size on strength and moisture migration characteristics of lightweight concrete.** National University of Singapore. Cement and Concrete Composites 28 (2006) 520-527.

FERREIRA, O. A. R. **Concretos leves: o concreto celular espumoso.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo-USP, 1987. 134 p.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudo e procedimentos de execução.** São Paulo: Perspectiva. 1994.

FOLGUERAS, M. V.; MAIA, S. L. V.; STRAMARI, M. R. **Adição de Poliuretano Expandido para a Confecção de Blocos de Concreto Leve.** Universidade do Estado de Santa Catarina, Revista Matéria, v. 9, n. 4, pp. 399-410, 2004.

FOWLER, D. W. **Polymers in Concrete: A Vision for the 21st Century.** University of Texas - USA. Cement and Concrete Composites 21 (1999) 449-452.

GEORGIADES, C. F.; MARINOS, J. **Effect of micropore structure on autoclaved aerated concrete shrinkage.** National Technical University of Athens - Greece. Cement and concrete research. Vol. 21, pp. 655-662, 1991.

- GIVANILDO, G. **Aproveitamento de Resíduos de E.V.A. (Ethylene Vinyl Acetate) como Agregado para Concreto Leve na Construção Civil.** 1998. 1v. 162p. Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Engenharia Civil.
- HAQUE, M. N.; AL-KHAIAT, H.; KAYALI, O. **Strength and durability of lightweight concrete in hot marine exposure conditions.** College of Engineering and Petroleum, Kuwait University, Cement & Concrete Composites 26 (2004) 307-314.
- JOHN, V. M., **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, 2000.
- KUS, H.; CARLSSON, T. **Microstructural investigations of naturally and artificially weathered autoclaved aerated concrete.** University of Gavle, Sweden. Cement and Concrete Research 33 (2003) 1423–1432.
- LAUKAITIS, A.; ZURAUSKAS, R.; KERIENÉ, J. **The Effect of Foam Polystyrene Granules on Cement Composite Properties.** Cement and Concrete Composites 27 (2005) 41-47. Lituânia.
- LAWRENCE, K.; LORSLEEM, A. C. J.; BARROS, M. M. B. **A influência do teor de fibras e de cimento nas características do concreto celular espumoso para emprego em vedações verticais de edifícios.** In Anais do Congresso Latino-Americano - Soluções para o Terceiro Milênio. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, novembro de 1998, São Paulo, SP.
- LEGATSKI, L. A. **Cellular Concrete.** STP169-C, Significance of Test and Properties of Concrete – Manqing Materials – ASTM Publications Code Number (PCN) 04-169030-07, 1994, p. 533-539.
- LITGHTWEIGHT CONCRETE. Editorial Limusa – Wiley S.A. 1967.
- LO, T. Y.; CUI, H. Z. **Effect of porous lightweight aggregate on strength of concrete.** University of Hong Kong-China, Materials Letters 58 (2004) 916-919.
- MAIA SIQUEIRA, L. V.; STRAMARI, M. R.; FOLGUERAS, M. V. **Adição de poliuretano expandido para a confecção de blocos de concreto leve.** Revista Matéria, v. 9, n. 4, 2004.
- MARINHO, G. S.; PENHA, A. F.; OLIVEIRA, A. M. **Fibras álcali-resistente como agregado de concreto celular espumoso para aplicações em habitações de interesse social.** 48º Congresso Brasileiro do Concreto - CBC2006 - IBRACOM.
- MARZOUK, O. Y.; Dheilly, R. M.; Queneudec, M. **Valorization of post-consumer waste plastic in cementitious concrete composites.** Waste Management 27, 310–318. 2007.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. M. **Concreto: estruturas, propriedades e materiais.** São Paulo; Pini, p.573. 1994.
- MELO, GUILHERME FÁBIO DE. **Concreto Celular Polimérico: Influência da adição de resíduo de poliéster insaturado termofixo.** Tese – 2009. Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais – UFRN.
- NAMBIAR, E. K. K.; RAMAMURTHY, K. **Sorption characteristics of foam concrete.** Indian Institute of Technology Madras. Cement and Concrete Research 37 (2007) 1341–1347.

- NAIK, T. R.; SINGH, S. S.; HUBER, C. O.; BRODERSEN, B.S. **Use of postconsumer waste plastics in cement-based composites.** Cement and Concrete Research 26 (10), 1489–1492. 1996.
- NARAYANAN, N.; RAMAMURTHY, K. **Structure and properties of aerated concrete: a review.** Indian Institute of Technology. Cement & Concrete Composites 22 (2000) 321-329.
- PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de Cimento Portland.** 12ª Edição. Editora Globo, 1993.
- PHAIBOON, P.; MALLIKA, P. **Reuse of thermosetting plastic waste for lightweight concrete.** Waste Management, 2007.
- RAVINDRARAJAH, S. R. **Bearing strength of concrete containing polystyrene aggregate.** Durability of Building Materials and Components, 8, 1999. Institute for Research in Construction, Ottawa, Canada. p. 505-514.
- REBEIZ, K. S. **Precast use of polymer concrete using unsaturated polyester resin based on recycled PET waste.** Construction and Building Materials 10 (3), 215-220. 1996.
- ROSSIGNOLO, J. A.; AGNESINI, M. V. C. **Durability of polymer-modified lightweight aggregate concrete.** USP, Brazil, Cement & Concrete Composites 26 (2004) 375-380
- ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve de alto desempenho modificado com estireno butadieno - SB para pré-fabricados esbeltos – dosagem, produção, propriedades e microestrutura.** 220 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2003.
- ROSSIGNOLO, J. A.; AGNESINI, M. V. C.; PAULON, V. A. **Concreto leve de alto desempenho com agregado leve.** In: Encontro tecnológico da engenharia civil e arquitetura – ENTECA 2003, Maringá - PR. v. 1. p. 337-346.
- ROSSIGNOLO, J. A.; AGNESINI, M. V. C. **Avaliação da retração por secagem dos concretos leves de alto desempenho modificado com polímero.** Revista Tecnológica, Maringá - PR, v. 11, p. 63-72, 2002.
- ROSSIGNOLO, J. A.; AGNESINI, M. V. C. **Polymer modified lightweight aggregate concrete: Properties in fresh state, strength and water absorption.** In: 10th International Congress on Polymers in Concrete, 2001, Honolulu - HAWAII. 2001. p. 01-06.
- ROSSIGNOLO, J. A., AGNESINI, M. V. C. **Microconcretos leves de alto desempenho modificados com polímero: propriedades no estado fresco e estudo da compatibilidade entre os materiais.** In: Reunião do IBRACON, 42, Fortaleza, 2000.
- SAYIL, B. M.; GURDAL, E.; **The physical properties of polystyrene aggregated gypsum blocks.** Durability of building materials and components, vol. 8, 1999. Institute for Research in Construction, Ottawa, Canada. p. 496–504.
- SINDICER - Sindicato Industrial de Cerâmica – RN. **Perfil Industrial e Mercadológico da Cerâmica Vermelha no Rio Grande do Norte.** Estudo realizado em parceria estabelecida entre FIERN, CNI, SINDUSCON e SENAI. 2020.

TEIXEIRA FILHO, F. J. **Considerações sobre algumas Propriedades dos Concretos Celulares Espumosos**. 1992. 1v. 112p. Mestrado. Universidade de São Paulo - Escola politécnica da USP - Engenharia Civil.

TEZUKA, Y. Concreto de cimento e polímero. Associação Brasileira de Cimento *Portland* – ABCP. São Paulo, 1988.

TOMMY, Y. L.; TANG, W. C.; CUI, H. Z. **The effects of aggregate properties on lightweight concrete**. Building and Environment 42 (2007) 3025-3029.

VALORE, R. C. **Cellular concretes-composition and methods of preparation**. Journal American Concrete Institute. 1954; 25:773-795.

ZHANG, M. H.; GJORV, O. E. **Microstructure of the interfacial zone between lightweight aggregate and cement paste**. Cement and Concrete Research 20 (1990) 610-618.

Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABNT NBR NM248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica (2003).

ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados- Determinação de massa Determinação da massa unitária e do volume de vazios

ABNT NBR NM 52:2009 - Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente

ABNT NBR NM 69:1996 - Concreto- Determinação Determinação da consistência pelo espalhamento na mesa de *Graff*

ABNT NBR 5738 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova (2003).

ABNT NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto (2007).

ABNT NBR 7211 - Agregados para concreto - Especificação (2005).

ABNT NBR 7215 - Cimento *Portland* - Determinação da resistência à compressão (1996).

ABNT NBR 11768 - Aditivos para concreto de cimento *Portland* (1992).

ABNT NBR 12.655 / 2022 – Concreto de cimento Portland – Preparo, Controle e Recebimento – Procedimento

ABNT NBR 15.575 - 1 a 6 / 2021 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Requisitos Gerais.

ABNT NBR 12.644:2014 - Concreto Leve Celular Espumoso - Determinação da Densidade de Massa Aparente no Estado Fresco.

ABNT NBR 17.071:2022 - Parede de concreto celular estrutural moldada no local para a construção de edificações - Projeto, execução e controle - Requisitos e procedimentos.

Documentos do depósito da patente do CLE



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2023 006749 2

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: GUILHERME FÁBIO DE MELO

Tipo de Pessoa: Pessoa Física

CPF/CNPJ: 42399106334

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: Rua Antonio Farache, 1890, 303A, Capim Macio.

Cidade: Natal

Estado: RN

CEP: 59082-110

País: Brasil

Telefone: (84)3211-0443

Fax:

Email: guilherme2000@hotmail.com

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): CONCRETO LEVE ECOLÓGICO

Utilidade (54):

Resumo: A presente invenção refere-se a um material compósito resultado da união de concreto leve com EPS – poliestireno expandido e resíduo de polímero plástico. A matriz do compósito é constituída de materiais, caracterizado por conter na sua mistura cimento, agregado miúdo e graúdo, água, como elementos básicos, e aditivos para formar espuma como um agente incorporador de ar. A carga do compósito é constituída por resíduo de polímero plástico particulado com o papel de agregado artificial leve.

O concreto leve ecológico desta invenção é produzido pela substituição de parte das partículas finas do cimento Portland convencional (de alto custo) por resíduo de polímero plástico reciclável (de baixo custo) formando um produto econômico, estável, não contrátil, leve e com propriedades mecânica e acústica plenamente satisfatórias, composto a partir de uma reação química entre o concreto leve aperfeiçoado e adição de resíduo de polímero plástico reciclável, areia, água e aditivo, este último fazendo parte de sua formulação básica, obtido por um processo de produção simples e de baixo custo.

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 1

Nome: GUILHERME FÁBIO DE MELO

CPF: 42399106334

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: Av. Professor João Machado 2823 Capim Macio

Cidade: Natal

Estado: RN

CEP: 59078-340

País: BRASIL

Telefone: (84) 988 052858

Fax:

Email: guilherme2000@hotmail.com

Modelo Canvas de Negócios do CLE Ampliado

