

O CONTRAPISO DE CONCRETO LEVE APLICADO AO CONTROLE DA DEGRADAÇÃO EM LAJES DE CONCRETO ARMADO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

LIGHTWEIGHT CONCRETE SCREED APPLIED TO THE CONTROL OF DEGRADATION IN REINFORCED CONCRETE SLABS: A LITERATURE REVIEW

¹QUITÉRIO, Ana Cláudia Santos; ²ORTOLAN, Victor Zômpero

¹ Discente do curso de Engenharia Civil – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos-UNIFIO

² Docente do Curso de Engenharia Civil – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos- UNIFIO

RESUMO

O presente estudo realizou uma revisão de literatura sobre a viabilidade do uso do concreto leve como alternativa aos sistemas convencionais de impermeabilização em lajes de cobertura, com ênfase nos agregados argila expandida e poliestireno expandido (EPS). A pesquisa abordou aspectos relacionados à durabilidade, desempenho estrutural e térmico, resistência mecânica, massa específica e custo-benefício do material. Verificou-se que, embora o concreto leve apresente resistência à compressão inferior ao concreto convencional, sua menor massa específica reduz esforços decorrentes do peso próprio, facilita o transporte e o lançamento, e aumenta a eficiência estrutural. Além disso, os agregados conferem propriedades adicionais, como baixa absorção de água, isolamento térmico e durabilidade química, contribuindo para a prevenção de patologias em lajes de cobertura. Os resultados indicam que o concreto leve, quando dimensionado adequadamente, é estruturalmente eficiente, apresenta vantagens econômicas e operacionais, e representa uma alternativa sustentável e promissora para a construção civil.

Palavras-chave: concreto leve; argila expandida; poliestireno expandido; lajes de cobertura, impermeabilização; durabilidade.

ABSTRACT

The present study conducted a literature review on the feasibility of using lightweight concrete as an alternative to conventional waterproofing systems in roof slabs, with emphasis on expanded clay and expanded polystyrene (EPS) aggregates. The research addressed aspects related to durability, structural and thermal performance, mechanical strength, specific mass, and cost-effectiveness of the material. It was found that although lightweight concrete has lower compressive strength than conventional concrete, its lower specific mass reduces stresses from self-weight, facilitates transportation and placement, and increases structural efficiency. In addition, the aggregates provide additional properties, such as low water absorption, thermal insulation, and chemical durability, contributing to the prevention of pathologies in roof slabs. The results indicate that lightweight concrete, when properly designed, is structurally efficient, offers economic and operational advantages, and represents a sustainable and promising alternative for the construction industry.

Keywords: lightweight concrete; expanded clay; expanded polystyrene; roof slabs; waterproofing; durability.

INTRODUÇÃO

As lajes de cobertura estão constantemente expostas à ação de agentes naturais, como radiação solar intensa e precipitações pluviométricas, o que torna indispensável a adoção de sistemas de impermeabilização eficazes. Nesse

contexto, a impermeabilização desempenha papel fundamental na preservação das estruturas, contribuindo para a durabilidade das edificações e garantindo, simultaneamente, conforto e segurança aos usuários.

De acordo com a norma brasileira NBR 12190/01, a impermeabilização é definida como o conjunto de medidas destinadas à proteção das construções contra a passagem de fluidos (ABNT, 2001, p. 2).

Nesse sentido, a aplicação adequada de sistemas de impermeabilização contribui para a manutenção da vida útil das edificações, protegendo as estruturas contra os efeitos nocivos da água e prevenindo a propagação da umidade e infiltrações. Sendo que a ausência de projeto de impermeabilização ou a ocorrência de falhas nesses sistemas pode provocar patologias estruturais e reduzir significativamente a vida útil das construções (Moura, 2022, p. 26).

Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de soluções técnicas capazes de mitigar os efeitos da infiltração de fluidos e da exposição contínua a agentes naturais. Nesse sentido, o concreto leve surge como alternativa promissora, reunindo características funcionais e econômicas relevantes para a preservação e durabilidade das estruturas.

No Brasil, a produção de concretos leves teve início na década de 1970 com a implantação de uma unidade de produção de agregados leves (argila expandida) pelo Grupo Rabello, por meio da CINASITA S.A. (atual CINEXPAN S.A.), com o objetivo de fornecer materiais para a CINASA – Construção Industrializada Nacional, voltada à produção de elementos pré-fabricados leves. Entretanto, desde o seu surgimento, o concreto leve nacional tem sido objeto de poucos estudos, e sua utilização na construção civil permanece modesta (Angelin, 2014, p. 10).

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura acerca da viabilidade do emprego do concreto leve como alternativa aos sistemas convencionais de impermeabilização em lajes de cobertura. Para tanto, estabelece-se o seguinte problema de pesquisa: o contrapiso de concreto leve é capaz de solucionar os problemas de infiltração em lajes de concreto armado?

A partir dessa problemática, formula-se a seguinte hipótese: o contrapiso de concreto leve, em virtude de suas propriedades físicas e de desempenho, apresenta potencial para minimizar manifestações de infiltração em lajes de concreto armado, quando produzido com agregados de argila expandida e pérolas de poliestireno

expandido (EPS), sendo uma alternativa técnica aos sistemas tradicionais de impermeabilização.

Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos: apresentar a importância da impermeabilização em lajes de concreto armado, destacando sua contribuição para a durabilidade e o desempenho estrutural das edificações; distinguir o concreto leve em relação aos demais tipos de concreto, com ênfase em suas particularidades e aplicações; comparar o desempenho de diferentes composições de concretos leves, elaborados com argila expandida e EPS, quanto à impermeabilidade e à redução de cargas estruturais.

A proposta justifica-se pela necessidade de identificar e avaliar soluções construtivas capazes de reduzir custos e, simultaneamente, aumentar a durabilidade das edificações. Nesse sentido, a pesquisa busca fornecer subsídios à comunidade científica e aos profissionais da construção civil, sistematizando conhecimentos acerca do emprego do contrapiso de concreto leve e de seu potencial para aprimorar o desempenho estrutural, contribuindo para a ampliação da aplicabilidade prática das soluções construtivas.

METODOLOGIA

A pesquisa adotou uma abordagem metodológica qualitativa, fundamentada em procedimentos destinados à integração de bases teóricas para a realização da revisão de literatura. O estudo foi estruturado em três etapas principais, iniciando-se com um levantamento bibliográfico realizado por meio da consulta a obras técnico-científicas disponíveis na plataforma Google Acadêmico, com ênfase em artigos, monografias e livros especializados que abordam a importância da impermeabilização em lajes para garantir a durabilidade e o desempenho estrutural.

Na primeira etapa, a revisão concentrou-se em autores e estudos que abordam a função da impermeabilização em estruturas de concreto armado, destacando sua importância na prevenção de patologias construtivas.

A segunda etapa envolveu a sistematização das contribuições teóricas sobre a utilização do concreto e suas possíveis formas de aplicação, incluindo a produção do concreto leve e sua viabilidade para contrapiso em lajes de concreto armado.

Por fim, a terceira etapa consistiu na avaliação do potencial do concreto leve como estratégia de controle de danos, por meio de dados extraídos de artigos científicos. Nessa etapa, foram analisadas as composições com agregados de argila

expandida e poliestireno expandido (EPS), considerando critérios técnicos, tais como permeabilidade, resistência mecânica e durabilidade, em comparação ao concreto convencional.

DESENVOLVIMENTO

Das Patologias Estruturais em Lajes de Concreto Armado

A laje caracteriza-se como um componente estrutural de natureza horizontal e configuração predominantemente plana, usualmente constituído em concreto simples ou armado, cuja função abrange tanto a sustentação e a transferência de cargas para vigas e pilares quanto a compartimentação entre diferentes níveis da edificação. Especificamente, as lajes de cobertura podem ser executadas em concreto armado ou mediante sistemas pré-moldados e, em virtude da exposição direta e contínua a agentes climáticos, como a radiação solar e a precipitação pluviométrica, apresentam propensão acentuada a manifestações de degradação ao longo de sua vida útil (Castro; Viana, 2015, p. 29).

De acordo com Paulo Sérgio Bastos (2005, p. 1), as lajes constituem elementos estruturais fundamentais na construção civil, uma vez que estão sujeitas a diferentes tipos de ações ou carregamentos, como a presença de pessoas, mobiliário, equipamentos fixos ou móveis, divisórias, paredes, água e até mesmo o solo. Sua função primordial consiste em receber essas cargas e transmiti-las aos apoios, geralmente formados por vigas situadas em suas bordas. Nos edifícios, as lajes também exercem a função de diafragma rígido, possibilitando a distribuição dos esforços horizontais, principalmente os provenientes da ação do vento, às estruturas de contraventamento, como pórticos, paredes e núcleos de rigidez, que garantem a estabilidade global da edificação.

A construção de elementos estruturais em concreto armado envolve o posicionamento prévio das armaduras de aço na fôrma, seguido do lançamento e adensamento do concreto fresco, que, após o processo de cura e endurecimento, origina a peça estrutural. Esse sistema construtivo, amplamente difundido em escala mundial e predominante no Brasil, destaca-se pela disponibilidade dos materiais constituintes e pela facilidade de execução, fatores que explicam sua ampla aplicação em diferentes tipologias de obras, como edifícios, pontes, viadutos, barragens e pavimentos (Bastos, 2011, p. 1)

Para que possam ser consideradas adequadas ao uso, as estruturas devem demonstrar desempenho satisfatório no exercício de suas funções. Nessa perspectiva, a norma brasileira NBR 6118 define o desempenho em serviço como a capacidade da estrutura de conservar-se em condições apropriadas de utilização ao longo de sua vida útil, sem apresentar manifestações patológicas que possam comprometer, total ou parcialmente, a finalidade para a qual foi projetada. De modo complementar, a mesma norma estabelece que a durabilidade corresponde à aptidão da estrutura em manter suas funções originais no decorrer do tempo, resistindo às solicitações e ações ambientais previstas pelo projetista e pelo contratante, desde que sejam observadas as condições de uso e os procedimentos de manutenção especificados (ABNT, 2014, p. 31).

Sob essa ótica, os efeitos de agentes externos sobre os elementos construtivos podem ser caracterizados como manifestações patológicas¹. Nesse contexto, o reconhecimento e a avaliação das patologias em lajes constituem etapas imprescindíveis para a preservação do desempenho em serviço e da durabilidade estrutural, assegurando a conformidade da edificação com os requisitos de segurança e funcionalidade.

De acordo com Matildes (2022, p. 5, apud CÁNOVAS, 1988), a maioria das estruturas que atingem a ruína não o faz em decorrência de uma única manifestação patológica, mas em razão da atuação simultânea de diversas falhas, que, em conjunto, reduzem a resistência mecânica da estrutura e podem culminar em consequências graves, como o colapso total.

Nesse sentido, o autor ressalta que as patologias podem manifestar-se de diferentes formas em uma edificação, frequentemente em decorrência da insuficiência de conhecimento técnico ou de falhas na execução, bem como por negligência e descaso em relação aos processos construtivos. Tais fatores, inevitavelmente, tendem a ocasionar prejuízos às edificações, não se restringindo apenas às perdas de ordem financeira, mas também comprometendo sua integridade e funcionalidade ao longo do tempo (Matildes, 2022, p. 2)

¹ O termo “patologia” tem origem no grego *páthos* (doença) e *lógos* (estudo), significando, portanto, “estudo da doença” (Michaelis, 2018). Transposto para o contexto da engenharia civil, refere-se ao campo dedicado à identificação, análise e compreensão de falhas, anomalias e danos que possam comprometer o desempenho e a durabilidade das construções.

Dessa forma, Mello et al. (2018, p. 141) ressaltam que, ao serem identificadas manifestações patológicas, a estrutura não deve ser considerada irrecuperável de imediato, devendo-se sempre avaliar a possibilidade de reabilitação, desde que observados os cuidados técnicos adequados. A reabilitação de estruturas de concreto envolve, portanto, um conjunto de procedimentos destinados à restauração dos requisitos de segurança estrutural e de durabilidade originalmente previstos.

Souza e Ripper (1998, p. 6) destacam que, muitas patologias podem ter sua origem já na fase de projeto, sendo ocasionadas, entre outros fatores, pela inadequada definição das ações atuantes ou de suas combinações, pela deficiência nos cálculos estruturais, pela falta de compatibilização entre a estrutura, a arquitetura e os demais projetos, pela especificação incorreta de materiais, pelo detalhamento insuficiente ou equivocado, bem como por erros de dimensionamento.

Nesse contexto, a impermeabilização configura-se como um elemento essencial para garantir a durabilidade e o desempenho das edificações. Segundo dispõem Castro e Viana (2015, p. 45) a ausência de sistemas de impermeabilização representa um dos principais fatores responsáveis pelo surgimento de patologias, além de ocasionar prejuízos mais expressivos quando se torna necessária a reabilitação da estrutura. Nesse sentido, os autores apontam que o investimento em impermeabilização preventiva corresponde a apenas 1% a 3% do custo total da obra, enquanto as intervenções corretivas, como a reimpermeabilização, podem alcançar entre 4% e 7% do valor global, em razão da necessidade de reparos adicionais.

Ademais, ressaltam que falhas na execução das lajes podem provocar manifestações patológicas superficiais, como manchas e bolor, consideradas de menor gravidade, mas que, ainda assim, comprometem de maneira significativa o desempenho estrutural, aumentando a vulnerabilidade das lajes à infiltração, sobretudo quando expostas diretamente à umidade (Castro; Viana, 2015, p. 11).

Dessa forma, observa-se que a restauração deve ser priorizada sempre que possível, por meio de intervenções que recuperem a funcionalidade das lajes. Técnicas de reparo, como a reimpermeabilização de lajes de concreto armado, contribuem para restaurar a capacidade estrutural, prolongar a vida útil da edificação e reduzir os custos decorrentes da substituição total dos elementos comprometidos.

No mais, verifica-se que a implementação de sistemas de impermeabilização, bem como a reimpermeabilização quando necessária, torna-se essencial, atuando

tanto na correção de patologias já instaladas quanto na prevenção de futuras manifestações patológicas, como a corrosão.

Do Contrapiso de Concreto Leve

Para compreender a função do contrapiso de concreto leve em lajes de concreto armado, é imprescindível, em primeiro lugar, analisar as características do concreto e suas formas de aplicação.

No campo da construção civil, o cimento é definido como um material aglomerante à base de calcário, utilizado em combinação com agregados como pedra, areia, tijolos e blocos de alvenaria. Em contato com a água, ocorre uma reação química que promove seu endurecimento em meio aquoso, o que o caracteriza como cimento hidráulico, componente essencial na produção do concreto (Neville, 2016, p. 25).

Durante o processo de cura, o concreto sofre contração entre suas partículas, preenchendo os vazios e alcançando uma distribuição granulométrica adequada. Essas características conferem ao material resistência e plasticidade em seu estado fresco, tornando-o apropriado para a execução de elementos estruturais em edificações. Além disso, conforme discorre o autor, o concreto distingue-se de outros materiais de construção por duas características principais: sua resistência à água, que reduz a deterioração em comparação a materiais como aço e madeira e permite sua aplicação em diferentes tipos de obras; e a ampla disponibilidade de seus componentes a preços acessíveis, o que contribui para sua extensa utilização na construção civil (Lima et al., 2014, p. 33).

Nesse sentido, Neville (2016, p. 11) ressalta que a principal distinção entre o concreto e o aço está na natureza de seus materiais constituintes, os quais podem ser empregados de maneira complementar ou competitiva. O aço, por ser produzido industrialmente, apresenta propriedades rigorosamente controladas e certificadas; já o concreto, geralmente preparado no próprio canteiro de obras, está mais sujeito a variações, dependendo diretamente da qualificação da mão de obra envolvida. Assim, embora o cimento raramente seja responsável por falhas estruturais, a eficiência do concreto encontra-se intrinsecamente vinculada ao processo de produção e à adequada aplicação em obra.

O concreto representa um marco na engenharia construtiva, sendo definido como uma pedra artificial formada pela combinação de materiais que, após o endurecimento, adquirem resistência comparável à das rochas naturais. Com o crescimento do setor da construção civil, consolidou-se como material predominante devido à elevada resistência mecânica e à variedade de tipologias disponíveis, que permitem sua adaptação a diferentes funções e demandas projetuais (Lima et al., 2014, p. 33-34).

No mercado, há diversos tipos de concreto, cada um projetado para finalidades específicas, cujas propriedades conferem, em determinadas situações, vantagens em relação a outros materiais.

O concreto armado consiste, conforme já mencionado consiste na associação entre o concreto e armaduras de aço, permitindo que ambos os materiais atuem de forma conjunta diante de solicitações de compressão e tração. Essa característica torna o concreto armado amplamente empregado em elementos estruturais, como vigas, pilares e lajes, garantindo estabilidade e durabilidade às edificações (Lima et al., 2014, p. 33).

Por sua vez, o concreto magro apresenta baixo teor de cimento e não possui função estrutural, sendo utilizado principalmente como camada de proteção, regularização ou preenchimento, em aplicações como bases de blocos, lastros, camadas de proteção, envelopamento de tubulações, entre outros (Supremo Concreto, 2013).

Já o concreto leve, objeto central deste estudo, distingue-se por sua menor densidade, obtida por meio de agregados especiais. Essa característica o torna adequado para situações que demandam redução de cargas sobre a estrutura, como em contrapisos e preenchimentos em edificações antigas, contribuindo para a minimização do risco de sobrecargas (Supremo Concreto, 2013).

No que se refere às lajes de concreto armado, o contrapiso desempenha uma função essencial. Conforme destacado por Barros (1991, p. 27), trata-se de uma camada aplicada diretamente sobre a laje ou sobre outra superfície intermediária, devendo apresentar características como espessura uniforme, regularidade, resistência mecânica, durabilidade e compacidade. Entre suas principais funções, destacam-se a transmissão de cargas à estrutura, o alojamento de instalações, a preparação da base para aplicação de revestimentos de piso e a execução de desníveis entre ambientes.

Nesse sentido, o contrapiso de concreto leve apresenta ampla aplicabilidade na construção civil, consolidando-se como material consagrado em obras como edificações pré-fabricadas, pontes e plataformas marítimas. Suas principais vantagens derivam da redução da massa específica, que contribui para a diminuição dos esforços estruturais, proporciona economia no uso de formas e cimbramentos e reduz os custos de transporte e montagem (Rossignolo, 2009, p. 16).

Conforme estabelecido pela NBR 9778, o concreto pode ser classificado em três categorias de acordo com sua massa específica seca: Concreto Normal (C), com massa específica entre 2.000 kg/m³ e 2.800 kg/m³; Concreto Leve (CL), com massa específica inferior a 2.000 kg/m³; e Concreto Pesado ou Denso (CD), com massa específica superior a 2.800 kg/m³ (ABNT, 2015, p. 5).

Essa classificação é essencial para a definição do tipo de concreto a ser utilizado, considerando as exigências estruturais e as características desejadas para a obra.

Dessa forma, os concretos leves são obtidos pela substituição total ou parcial dos agregados convencionais por agregados leves, apresentam massa específica aparente inferior a 2.000 kg/m³ (Rossignolo, 2009).

ADITIVOS POTENCIAIS PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE INFILTRAÇÃO EM LAJES

De acordo com a NBR 7211, os agregados são classificados em dois grupos. O agregado miúdo é constituído por partículas que passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidas na peneira de 150 µm. Já o agregado graúdo é composto por partículas que passam pela peneira de 75 mm, mas permanecem retidas na de 4,75 mm (ABNT, 2009, p. 3).

Com o avanço da tecnologia na construção civil, desenvolveu-se o concreto leve, caracterizado pela substituição dos agregados convencionais, como brita e areia, por materiais de menor densidade, a exemplo do poliestireno expandido (EPS) e da argila expandida. Essa modificação confere ao material propriedades que o tornam adequado para aplicações em elementos sujeitos a cargas reduzidas, possibilitando sua utilização em diferentes contextos construtivos (Costa; Gaspar, 2020, p. 2).

A argila expandida é um agregado obtido por meio do aquecimento de determinados tipos de argila a aproximadamente 1200 °C. Nesse processo, a

liberação de gases provoca a expansão do material em até sete vezes o seu volume original. Após o resfriamento, esses gases permanecem retidos em sua estrutura interna, conferindo-lhe baixa massa unitária. Por essas características, a argila expandida é amplamente empregada em concretos leves, apresentando densidade aparente média de $500 \text{ kg/m}^3 \pm 10\%$. Além da baixa densidade, que pode ser até 2,5 vezes inferior à de agregados convencionais, o material possui inércia química, não apresentando substâncias que prejudiquem o cimento ou as armaduras de aço. Contudo, devido à sua elevada porosidade, apresenta significativa absorção de água (Moncada; Flor; Silva; Pacheco, 2019, p. 3).

O poliestireno expandido (EPS), conhecido no Brasil como isopor, trata-se de um plástico celular rígido, composto por aproximadamente 2% de poliestireno e 98% de ar, obtido a partir do processo de polimerização do estireno em meio aquoso. Em razão de seu baixo custo e de suas propriedades físico-químicas, o EPS apresenta ampla aplicabilidade na construção civil, destacando-se, entre outros fatores, pelo desempenho em isolamento térmico (Moncada; Flor; Silva; Pacheco, 2019, p. 3).

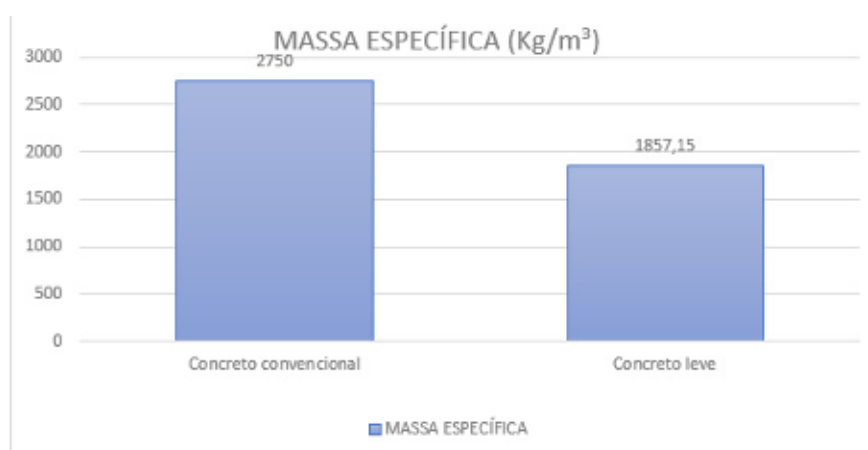
Sousa (2021, p. 24) ressalta que o poliestireno expandido (EPS) apresenta baixa absorção de água e elevada resistência à difusão de vapor, em razão de suas propriedades higroscópicas. Ademais, os materiais empregados em sua composição química conferem baixa degradação ao longo do tempo. Quando associado à proteção oferecida pelo concreto contra as intempéries, esses fatores contribuem para aumentar a durabilidade das edificações.

Já em relação ao uso do EPS como agregado alternativo, Oliveira (2016, p.53-54) evidenciou a possibilidade de sua viabilidade em virtude das propriedades de isolamento térmico, baixa densidade e resistência à umidade. Por ser um material inorgânico, o EPS também apresenta vantagens no que se refere à durabilidade, evitando processos de apodrecimento e degradação natural.

Em estudo realizado por Moncada, Flor, Silva e Pacheco (2019, p. 3-4), foram confeccionados 24 corpos de prova cilíndricos ($10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$), com três corpos de prova para cada traço, utilizando pérolas de isopor e argila expandida. O adensamento foi realizado manualmente, seguindo as normas NBR 5738:2015 e NBR 5739:2018, e os corpos de prova foram curados em ambiente controlado ($24,5^\circ \text{C}$ e 71% UR), com retirada das fôrmas aos 7, 14, 21 e 28 dias. Os resultados indicaram que o concreto convencional apresentou maior resistência inicial à compressão; entretanto, devido à maior massa específica de seus agregados, seu

fator de eficiência foi inferior ao do concreto leve. Embora a adição de argila expandida e EPS reduza a resistência à compressão, o concreto leve, quando dimensionado adequadamente, demonstrou-se estruturalmente eficiente, atingindo valores

Conforme evidenciado nas tabelas a seguir, os resultados indicam uma redução significativa da massa específica, característica essencial que torna o concreto leve, composto por argila expandida e EPS, adequado para aplicações em construções.



FONTE: Moncada; Flor; Silva; Pacheco (2019)



FONTE: Moncada; Flor; Silva; Pacheco (2019)

A análise dos resultados referentes à compressão axial evidenciou um aumento gradual da resistência do concreto leve ao longo dos 28 dias, embora seus valores permaneçam inferiores aos do concreto convencional.

No entanto, quando empregado em contrapisos, o concreto leve demonstra-se uma alternativa estruturalmente eficiente para a construção civil, sobretudo devido à redução significativa da massa específica, que diminui o peso próprio das estruturas de concreto armado e, conseqüentemente, os esforços solicitantes.

Além dos benefícios estruturais, a utilização do concreto leve apresenta vantagens econômicas, ao contribuir para a redução do custo total da obra.

Ademais, as propriedades específicas dos agregados, como baixa absorção de água e isolamento térmico, conferem ao concreto leve características complementares que potencializam sua durabilidade e desempenho, evidenciando seu potencial como solução sustentável e promissora na construção civil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que o concreto leve, produzido com agregados de argila expandida e pérolas de poliestireno expandido (EPS), configura-se como uma alternativa técnica viável aos sistemas convencionais de impermeabilização em lajes de cobertura, apresentando benefícios de ordem estrutural, funcional e econômica.

A redução da massa específica mostrou-se o principal fator associado à viabilidade do concreto leve, uma vez que confere menor peso próprio às estruturas e, conseqüentemente, reduz os esforços solicitantes. Essa característica favorece maior eficiência estrutural, facilita o transporte e a aplicação no canteiro de obras, refletindo diretamente em ganhos operacionais e econômicos.

Por fim, conclui-se que os agregados empregados de argila expandida e EPS conferem propriedades complementares que ampliam a durabilidade e o desempenho do material. Entre estas, destacam-se a baixa absorção de água, a resistência à difusão de vapor, a inércia química e o isolamento térmico, atributos que contribuem para a proteção das estruturas frente à ação de agentes climáticos e reduzem a incidência de patologias, como infiltrações e degradações superficiais ou estruturais.

REFERÊNCIAS

ANGELIN, Andressa Fernanda. **Concreto leve estrutural**: desempenhos físicos, térmicos, mecânicos e microestruturais. 2014. Orientadora: Luísa Andréia Gachet Barbosa. 2014. 126 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto. procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: concreto. determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12190**: seleção de impermeabilização. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: agregados para concreto. especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

BARROS, Mércia Maria Semensato Bottura de. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais**. 1991. Orientador: Sabbatini, Fernando Henrique. 1991. 283 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. Notas de aula. Curso de Graduação em Engenharia Civil. UNESP, 2011. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2025

CASTRO, Diêgo Ferreira de; VIANA, Gabriela Aparecida Xavier. Estudo dos sistemas de impermeabilização em lajes de cobertura de edificações: técnicas e patologias. Orientadora: Camila Silva. 2015. 61 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto de Educação e Tecnologia, Caratinga, 2015.

COSTA, Gilmar Veloso da; GASPAR, Geisla Aparecida Maia Gomes. Uso do concreto leve na construção civil. **Revista Instituto Brasileiro de Ciência e Tecnologia**. Engenharia Civil EAD. [S. l.], p. 1–16, 2020. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1400/1/Gilmar%20Veloso%20da%20Costa.pdf>. Acesso em: 6 set. 2025.

LIMA, Sandovânio Ferreira; LIMA, Caio Ivson Vasconcelos; COUTINHO, Carlos Otávio Dantas; AZEVEDO, Gabriel Gama Carnaúba; BARROS, Tarsys Yuri Gomes; TAUBER, Thiago Campos. Concreto e suas inovações. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 31–40, 2014. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cdgexatas/article/view/1285>. Acesso em: 6 set. 2025.

MATILDES, Caio Messias. Concreto armado e suas patologias. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, ano MMXXII, n. 000225. 2022. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/concreto-armado-e-suas-patologias>. Acesso em: 6 set. 2025.

MELLO, G. N. de A. *et al.* Análise de uma estrutura de concreto armado e proposição de reforço para correção de falhas estruturais: estudo de caso. **Revista Principia**, [S. l.], v. 1, n. 43, p. 140–151, 2018. DOI: 10.18265/1517-03062015v1n43p140-151. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/view/1800>. Acesso em: 6 set. 2025.

MICHAELIS. **Dicionário brasileiro da língua portuguesa**. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/>. Acesso em: 30 ago. 2025.

MONCADA, Julio Ernesto Costa Maldonado; FLOR, Leonardo; SILVA, Viviane; PACHECO, Jonas. Estudo da adição de argila expandida e EPS como agregados na elaboração de concreto leve. **Revista Eletrônica Teccen**. Campos dos Goytacazes. v. 12, n. 1, p. 2-7, jan./jun. 2019. Disponível em: <https://editora.univassouras.edu.br/index.php/TECCEN/article/view/1849>. **Acesso em: 5 jun. 2025.**

MOURA, João Sávio Ferreira. **Análise da impermeabilização da laje do Palácio do Tribunal de Justiça do Estado de Sergipe**. Orientador: Emerson Meireles de Carvalho. 2022. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. tradução: Ruy Alberto Cremonini. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. p. 912.

OLIVEIRA, Naide Batista de. **Poliestireno expandido: uma análise da aplicação na construção civil**. Orientadora: Adla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira. 2016. 60 f. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Câmpus Pau dos Ferros, Pau dos Ferros, 2016.

ROSSIGNOLO, João Adriano. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestrutura e aplicações**. São Paulo: Pini, 2009. 150 f.

SOUSA, Julio Rodrigues de. **Análise comparativa entre um sistema construtivo convencional e sistemas construtivos de EPS**. Orientadora: Maria Cláudia de Freitas Salomão. 2021. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 262 f.

TIPOS DE CONCRETO E SUAS APLICAÇÕES. **Supremo concreto**. Disponível em: www.supremocimento.com.br. Acesso em: 5 jun. 2025