

COMPARAÇÃO DE CUSTOS PARA CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA ESTRUTURAL E IMPRESSÃO 3D

Autor: Leonardo Cardoso Gallio (leonardo.gallio@edu.pucrs.br)

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Girardi (ricardo.girardi@pucrs.br)

Resumo

A construção civil está em constante evolução, buscando soluções que equilibrem custo, eficiência e redução de resíduos. Nesse contexto, a impressão 3D em concreto surge como uma alternativa inovadora, desafiando os métodos construtivos tradicionais, como a alvenaria estrutural. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é analisar a os custos da impressão 3D em concreto no mercado da construção civil, comparando-a com a alvenaria estrutural tradicional. A metodologia incluiu levantamento de custos baseado no SINAPI e dados fornecidos por empresa especializada em impressoras para a construção civil. A impressão 3D destaca-se pela eliminação de revestimento e maior precisão construtiva, porém apresenta custo inicial elevado, resultando no investimento de R\$ 19.846,58 superior à alvenaria estrutural em blocos cerâmicos, no que tange os custos de material e mão de obra. Entretanto, proporciona a redução de resíduos e economia de mão de obra devido à automação. Por fim, a ausência de regulamentações técnicas e o custo da matéria-prima são desafios significativos para o sucesso do processo.

Palavras chaves: Construção Civil; Impressão 3D; Alvenaria Estrutural.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é historicamente caracterizado por métodos tradicionais que, embora consolidados, enfrentam desafios crescentes para atender às demandas contemporâneas de sustentabilidade, redução de prazos e eficiência econômica. A busca por soluções que reduzam a geração de resíduos, custos indiretos e acelerem a execução das obras tem levado o mercado a buscar alternativas inovadoras, Cavalcanti et al., (2018). No entanto, a adoção de novas tecnologias no setor enfrenta barreiras significativas, como a relutância em abandonar os métodos convencionais, o alto custo inicial de implementação e a necessidade de capacitação técnica.

Nesse cenário, a impressão 3D surge como uma tecnologia promissora, capaz de transformar o modo como as construções são projetadas e executadas. Essa técnica utiliza equipamentos específicos para imprimir estruturas em camadas sucessivas de materiais como argamassa e concreto, permitindo a criação de formas complexas com alta precisão e eficiência, reduzindo o desperdício, tornando-se menos agressivo ao meio ambiente. Como mencionado

por Oliveira (2022), “os benefícios da impressão 3D vão além da questão ambiental, com significativas vantagens na redução do tempo de construção e otimização de recursos”, já que o processo é altamente controlado e utiliza apenas o material necessário, contribuindo para uma construção mais eficiente. A utilização da impressão 3D torna “possível reduzir até 30% dos custos com material, devido à precisão na dosagem e aplicação de concreto” (ABCP, 2024).

Apesar dos benefícios evidentes, a viabilidade financeira da impressão 3D na construção civil continua sendo um ponto de discussão. O custo de aquisição dos equipamentos e da matéria-prima envolvidos representam desafios iniciais, especialmente diante da resistência à mudança e da adaptação necessária nos processos e na qualificação da mão de obra. Segundo estudo de Da Silva (2023), “o elevado custo inicial das impressoras 3D ainda é uma barreira para a adoção em larga escala”. No entanto, esses custos podem ser compensados pela velocidade construtiva, redução de mão de obra direta, economia de materiais e diminuição dos resíduos gerados, além de menores custos indiretos relacionados à logística e ao gerenciamento de resíduos.

Diante disso, o presente estudo busca explorar a viabilidade econômica da impressão 3D na construção civil, por meio de um comparativo com o método já amplamente utilizado no mercado, a alvenaria estrutural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Industrialização na Construção Civil

A industrialização da construção civil no Brasil vem ganhando relevância nas últimas décadas, impulsionada pela necessidade de aprimorar a eficiência dos processos construtivos, reduzir custos e atender à crescente demanda por edificações, principalmente em áreas urbanas. Inicialmente, nas primeiras décadas do século XX, a industrialização da construção civil no país se desenvolveu de maneira lenta e tímida, seguindo as tendências globais de mecanização. Segundo o IBGE (2020), o setor de construção civil continua sendo um dos principais motores da economia nacional, contribuindo significativamente para a geração de empregos e o crescimento urbano.

Com o crescimento acelerado das cidades e a demanda por habitação, o Brasil passou a adotar gradualmente métodos construtivos mais modernos e eficientes. Um marco importante na história da industrialização da construção civil no país foi a adoção de sistemas pré-fabricados e a racionalização do uso de materiais. De acordo com Porto (2016), a globalização e a incorporação de tecnologias avançadas como a automação de canteiros de obras e a

digitalização de projetos, por meio de ferramentas como o Building Information Modeling (BIM), têm transformado a maneira como as obras são planejadas e executadas.

A introdução de novos métodos construtivos, como o concreto pré-moldado e a alvenaria estrutural, também trouxe maior rapidez e padronização para as construções no Brasil. O concreto pré-moldado, amplamente utilizado em edifícios comerciais e de grande porte, permite a produção de peças estruturais em fábricas e a posterior montagem no local da obra, acelerando o processo de construção, melhorando o controle de qualidade e reduzindo o estoque de obras, o que também é um grande desafio, Ataides e Peixoto (2023). Já a alvenaria estrutural é um método que utiliza blocos de concreto ou cerâmica para compor as paredes que suportam o peso próprio e as ações que atuam sobre a edificação, eliminando a necessidade de vigas e pilares, o que resulta em economia de materiais e tempo.

Além dos métodos tradicionais, uma técnica que tem ganhado destaque é o uso de componentes modulares na construção civil. Esse método consiste em produzir partes inteiras da edificação, como salas, banheiros e cozinhas, fora do canteiro de obras, em fábricas especializadas, para depois serem transportadas e instaladas no local final. Motta e Franco (2017) argumentam que a adoção de sistemas modulares tem possibilitado uma redução significativa no tempo de execução das obras, além de diminuir os desperdícios de materiais e os custos associados ao transporte e armazenamento.

Outro avanço relevante para o setor é a crescente utilização da impressão 3D na construção civil. Essa tecnologia, ainda emergente no Brasil, permite a construção de peças e estruturas de forma precisa e rápida, diretamente no canteiro de obras, utilizando materiais como concreto ou polímeros. Pott et al. (2017) destacam que a impressão 3D tem o potencial de revolucionar o setor, permitindo a personalização de componentes, redução de desperdícios e uma maior flexibilidade no design das edificações.

Apesar das inovações, o setor ainda enfrenta desafios relacionados à fragmentação da cadeia produtiva e à resistência à adoção de novas tecnologias. Gonçalves Júnior (2019) ressalta que a integração entre as fases de projeto, execução e operação de edificações, facilitada pelo uso de ferramentas como o BIM, tem sido fundamental para aumentar a eficiência do setor. A tecnologia BIM possibilita o desenvolvimento de projetos detalhados em ambiente digital, facilitando a coordenação entre os diversos agentes envolvidos no processo construtivo e evitando erros durante a execução.

2.2. Uso da Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural é um método construtivo em que as paredes de uma edificação têm função estrutural, suportando as cargas atuantes além do peso próprio. O sistema dispensa o uso de vigas e pilares, o que torna o processo de construção mais econômico e rápido. Segundo Roman et al. (1998), a alvenaria estrutural no Brasil se destaca especialmente pelo custo reduzido e pela simplicidade no planejamento das etapas de execução, o que facilita a organização do canteiro de obras.

Segundo Mohamad et al. (2015), a alvenaria estrutural foi introduzida no Brasil na década de 1960, em resposta à crescente demanda por habitações populares. O método começou a ser utilizado em larga escala durante os programas habitacionais financiados pelo Banco Nacional de Habitação (BNH). Naquela época, blocos de concreto e cerâmica começaram a ser adotados como alternativa mais econômica às estruturas de concreto armado.

Durante os anos 1980 e 1990, segundo Mohamad et al (2015), a técnica foi aprimorada, principalmente em projetos de habitação social e edificações de grande escala. O uso da alvenaria estrutural no programa "Minha Casa, Minha Vida", por exemplo, consolidou o método no mercado da construção civil brasileira, proporcionando uma solução viável para a construção de residências a um custo reduzido.

O processo de execução da alvenaria estrutural começa com o projeto de modulação, que é essencial para garantir o uso eficiente dos materiais e a diminuição de desperdícios. As fundações são projetadas para distribuir uniformemente as cargas ao longo das paredes, evitando a necessidade de vigas e pilares independentes. Durante a elevação das paredes, são utilizados blocos de concreto ou cerâmicos, dispostos com argamassa e reforçados com grautes e armaduras em pontos específicos, conforme a NBR 6136 (ABNT, 2016).

Nos últimos anos, a alvenaria estrutural passou por diversas inovações, especialmente na incorporação de novos materiais e técnicas de construção. A produção de blocos de concreto com melhor desempenho térmico e acústico é um exemplo de inovação recente que visa melhorar o conforto nas edificações. Outro avanço importante é o uso de ferramentas digitais, como o Building Information Modeling (BIM), que tem facilitado o planejamento e a coordenação das equipes de projeto, além de reduzir erros e retrabalhos, Souza (2024).

2.3. A Impressão 3D

A impressão 3D de concreto tem emergido como uma das inovações mais promissoras na construção civil, revolucionando a forma como estruturas são projetadas e executadas. O surgimento dessa tecnologia está diretamente ligado ao desenvolvimento de técnicas de manufatura aditiva, que, originalmente, foram aplicadas em outras indústrias, como a automobilística e a aeroespacial. Nas últimas duas décadas, esses princípios foram adaptados para a construção civil, permitindo a criação de edifícios e estruturas diretamente a partir de modelos digitais. Segundo Florêncio (2024), a impressão 3D de concreto eliminou a necessidade de formas, uma das principais barreiras ao custo e à velocidade construtiva.

Segundo Rubin (2015), para a impressão 3D, as argamassas autonivelantes industrializadas apresentam vantagens significativas em relação às argamassas dosadas em obra. Essas vantagens incluem melhor desempenho físico-mecânico, maior uniformidade e consistência na aplicação, além de redução no tempo de execução e menor incidência de patologias associadas a falhas na mistura ou aplicação. A Rubin (2015) destacou a importância da adoção dessas argamassas industrializadas para aprimorar a qualidade e a eficiência nos processos construtivos, contribuindo para a modernização e industrialização do setor da construção civil.

O processo executivo em estruturas de concreto impressas *in loco* é baseado na extrusão de camadas de material cimentício. Essa técnica utiliza um braço robótico ou uma impressora de grande escala para depositar camadas sucessivas de concreto, de acordo com o modelo digital projetado. O concreto utilizado neste processo deve ser cuidadosamente formulado para que mantenha sua forma imediatamente após a extrusão, evitando a deformação das camadas subsequentes. Conforme mencionado por Silva (2022), o traço do concreto deve incluir aditivos que aceleram o endurecimento, sem comprometer a resistência estrutural a longo prazo.

No processo de impressão 3D, a precisão é fundamental. A máquina segue o modelo digital com extrema fidelidade, o que permite a construção de formas complexas, muitas vezes inviáveis com métodos tradicionais. A tecnologia de impressão 3D em concreto também favorece a redução de mão de obra, uma vez que grande parte do processo é automatizada, demandando apenas operadores qualificados para monitoramento da máquina e controle da qualidade do material.

A velocidade construtiva é uma das maiores vantagens da impressão 3D de concreto. Estruturas que poderiam levar semanas ou meses para serem construídas por métodos

tradicionais podem ser erguidas em dias. Isso se deve à eliminação de diversas etapas do processo convencional, como a montagem de formas e a cura prolongada do concreto. Silva (2022) destaca que a eficiência do processo construtivo é ampliada, o que tem atraído a atenção de empreiteiros que buscam reduzir prazos e custos operacionais.

De acordo com empresa especializada em impressão 3D, outra vantagem significativa da impressão 3D de concreto é a redução de desperdício de materiais. O método utiliza apenas a quantidade exata de material necessária para a construção, minimizando desperdícios. Isso reduz os custos indiretos, tornando o processo mais econômico a longo prazo.

Além das vantagens práticas e econômicas, a impressão 3D permite inovações no design arquitetônico. As formas fluidas e não ortogonais, que seriam extremamente complexas e dispendiosas para executar com métodos convencionais, tornam-se possíveis com a impressão 3D. Esse avanço no design possibilita a criação de estruturas mais eficientes em termos de material e desempenho, Ambekar (2023).

Segundo Rubin (2021) o comportamento do material ao ganhar rigidez ao longo do tempo, impacta as propriedades reológicas (fluidez e moldabilidade), físicas e mecânicas do concreto utilizado na impressão 3D. A pesquisa de Rubin (2021) contribuiu para o avanço dessa tecnologia inovadora, oferecendo insights sobre a otimização dos materiais para melhorar a eficiência e a qualidade na impressão de estruturas em concreto.

Apesar das muitas vantagens, ainda existem desafios que precisam ser superados para a adoção em larga escala da impressão 3D de concreto na construção civil. Questões como a regulamentação específica, a falta de normalização técnica e os altos custos iniciais das impressoras 3D industriais são barreiras que precisam ser resolvidas. De acordo com Florêncio (2024), o potencial de crescimento da tecnologia é inegável, mas ainda será necessário algum tempo até que se torne uma prática comum em todas as fases de construção.

O Brasil tem acompanhado essa tendência com um interesse crescente, com projetos piloto e iniciativas de pesquisa em universidades e centros de inovação. O desenvolvimento de materiais e técnicas adaptadas ao clima e às particularidades do país pode acelerar a adoção da tecnologia no futuro próximo. Segundo Silva (2022), o uso de impressão 3D na construção civil brasileira ainda está em fase exploratória, mas apresenta um grande potencial para reduzir custos de moradia e acelerar a construção de infraestruturas essenciais.

A impressão 3D de concreto oferece uma combinação única de velocidade, redução de desperdícios e liberdade de design, que pode transformar profundamente o setor da construção civil. Embora ainda haja desafios a serem superados, a tecnologia promete redefinir os paradigmas da construção moderna, trazendo inovações que atendem às necessidades de um setor em constante evolução.

2.4 A Utilização de Building Information Modeling

O Building Information Modeling (BIM) surgiu como uma resposta à crescente necessidade de maior eficiência, precisão e colaboração na indústria da construção. A metodologia BIM não se limita apenas à criação de modelos tridimensionais, mas envolve um processo completo de gerenciamento de informações ao longo de todo o ciclo de vida de um projeto, desde a concepção até a manutenção e operação do ativo. A ideia por trás do BIM é proporcionar um ambiente colaborativo em que arquitetos, engenheiros e outros stakeholders possam trabalhar em um mesmo modelo digital, o que ajuda a evitar erros, retrabalhos e desperdícios no canteiro de obras.

Historicamente, o BIM começou a ganhar espaço nos anos 2000 em países como os Estados Unidos e Reino Unido, que viram no sistema uma oportunidade de melhorar a integração e a compatibilização de projetos em grandes empreendimentos. Com o tempo, o BIM se tornou uma ferramenta essencial nos principais mercados globais de construção, sendo utilizado em quase todos os grandes projetos públicos e privados para garantir maior precisão e eficiência no planejamento e execução (ABRAIN, 2021). A adoção dessa metodologia reflete a transformação digital da construção civil, que, tradicionalmente, era dominada por práticas menos integradas e mais suscetíveis a erros.

No Brasil, o BIM começou a ser incorporado de forma mais estruturada a partir de 2018, quando foi implementada a Estratégia Nacional para a Disseminação do BIM, instituída pelo Decreto nº 9.377. Esse marco regulatório visou incentivar o uso da metodologia no setor público e privado, estabelecendo diretrizes para sua implementação gradual em três fases, com a última prevista para 2028 (Autodesk, 2023). A introdução dessa estratégia impulsionou a adoção do BIM em projetos de infraestrutura e obras públicas, como nas áreas de transportes, saneamento e edificações, consolidando sua importância como uma ferramenta fundamental para o futuro da construção no país.

Um dos maiores benefícios do BIM é a capacidade de melhorar a compatibilização de projetos. Ao reunir todos os elementos do projeto em um modelo integrado, a metodologia

facilita a detecção precoce de interferências entre disciplinas como estrutura, hidráulica e elétrica, reduzindo a necessidade de ajustes e retrabalhos durante a fase de execução. De acordo com estudos realizados pela Grant Thornton em parceria com o Sienge e ABDI (2022) no Brasil, cerca de 87% dos usuários de BIM relataram uma diminuição significativa de incompatibilidades nas obras após a sua implementação (ABRAINC, 2021). Além disso, o BIM permite um controle mais rigoroso dos quantitativos de materiais, orçamento e cronograma, tornando o processo construtivo mais eficiente e menos suscetível a desperdícios.

Apesar das claras vantagens, o BIM ainda enfrenta desafios para sua adoção mais ampla no Brasil. Entre os principais obstáculos estão os custos elevados de software e equipamentos, além da necessidade de treinamentos especializados. Segundo Thornton (2022), a maioria das empresas que ainda não adotou o BIM cita esses fatores como barreiras significativas, especialmente em um mercado onde muitas empresas possuem estruturas organizacionais menores e com menos capacidade de investir em novas tecnologias. No entanto, a expectativa é que, com o avanço da Estratégia BIM BR e o apoio de políticas públicas, esses obstáculos sejam gradualmente superados.

Além de sua aplicação em projetos convencionais de construção, o BIM também desempenha um papel crucial na inovação tecnológica da construção civil, especialmente no contexto da impressão 3D de estruturas. A combinação do BIM com a impressão 3D permite uma execução precisa e automatizada de componentes estruturais, o que reduz significativamente o desperdício de materiais e os custos com mão de obra. O BIM oferece os dados necessários para programar as impressoras 3D de forma eficiente, garantindo que os elementos projetados sejam produzidos com precisão, minimizando erros durante a construção (Sinaenco, 2023). Essa sinergia entre BIM e impressão 3D tem o potencial de revolucionar o setor, permitindo a criação de estruturas complexas de forma mais rápida e econômica.

Com o avanço das tecnologias de impressão 3D e sua integração com o BIM, a construção civil pode alcançar novos níveis de automação e eficiência, facilitando a execução de projetos mais ambiciosos e inovadores.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Método de Pesquisa

Este estudo configura-se como uma pesquisa aplicada, conforme conceitua Lakatos e Marconi (2001; 2005), ao buscar resolver um problema prático e oferecer subsídios para decisões no setor da construção civil.

A abordagem metodológica combina características quantitativas, alinhando-se às orientações de Miguel (2010), para mensurar e comparar custos com base em dados do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI), e qualitativas, seguindo Severino (2004) e Gil (2008), para complementar os resultados relativos à viabilidade econômica e aos custos dos métodos analisados.

3.2 MÉTODO DE TRABALHO

O estudo realiza um comparativo de custo e velocidade construtiva entre os métodos de alvenaria estrutural e impressão 3D em concreto. O projeto arquitetônico analisado contempla duas residências unifamiliares geminadas, implantadas em um terreno de 12 x 30 metros, localizado em um futuro loteamento na cidade de Caxias do Sul/RS. As edificações foram desenvolvidas com base no mesmo projeto, cujas plantas e cortes estão detalhados nos Anexos A à D.

Para a definição dos custos da alvenaria estrutural foram utilizados os dados do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI), edição de outubro de 2024. As composições consideradas incluem:

- a) Alvenaria estrutural com blocos cerâmicos;
- b) Alvenaria estrutural com blocos de concreto;
- c) Serviços de chapisco interno e externo;
- d) Serviços de reboco interno e externo.

Os descontos relativos às aberturas seguiram uma metodologia prática, em que as aberturas menores que 2 m² não foram descontadas, e, para as maiores, foi considerado apenas o excedente a 2 m². Esse critério uniformizou as estimativas e assegurou a adequação orçamentária.

A soma das áreas internas e externas consolida os valores que subsidiaram a quantificação de custos por metro quadrado. Com base nisso, foi possível elaborar a análise comparativa entre alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e com blocos de concreto, ampliando o escopo do estudo e identificando as vantagens, eventuais limitações econômicas e técnicas de cada configuração de sistema.

A composição de custos para o sistema de impressão 3D em concreto foi baseada em dados fornecidos por uma empresa especializada sediada em Caxias do Sul/RS, com

experiência prática em dois empreendimentos realizados com esta tecnologia. As informações levantadas incluíram:

- O tipo e custo médio da argamassa utilizada;
- A quantidade de mão de obra necessária para a montagem e operação dos equipamentos;
- O tempo médio de operação para executar 1 m² de parede.

Diferentemente da alvenaria estrutural, a impressão 3D elimina a necessidade de revestimento argamassado, tanto interno quanto externo, reduzindo significativamente o custo com essa etapa. Os dados foram analisados para identificar o custo por metro quadrado de paredes executadas a partir da impressão 3D e o impacto das tecnologias no orçamento geral.

Com base nos levantamentos e nas composições de custos, o estudo oferece uma comparação detalhada entre os métodos de alvenaria estrutural e impressão 3D, considerando o desempenho econômico, a velocidade construtiva e as especificidades de cada solução. A análise proporciona subsídios para a escolha da tecnologia mais eficiente e adequada ao tipo de empreendimento analisado.

4 COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Inicialmente, considerando a metodologia descrita e o projeto arquitetônico utilizado foi determinada as áreas correspondentes as alvenarias internas e externas das edificações. Com base nas Tabelas 1 e 2 totalizam 1.706,49m² e as paredes externas o total de 295,2m².

Tabela 1: Determinação das Áreas das Paredes Internas

PRIMEIRO PAVIMENTO				
Perímetro (m)	Altura (m)	Descontos (m ²)	Total p/1 casa (m ²)	Total p/2 casas (m ²)
97,85	2,8	21,823	252,157	504,314
SEGUNDO PAVIMENTO				
Perímetro (m)	Altura (m)	Descontos (m ²)	Total p/1 casa (m ²)	Total p/2 casas (m ²)
102,11	2,8	27,63	258,278	516,556
RESERVATÓRIO				
Perímetro (m)	Altura (m)	Descontos (m ²)	Total p/1 casa (m ²)	Total p/2 casas (m ²)
11,35	2,45	0	27,8075	55,615
			TOTAL	1076,49 m²

Fonte: Disciplina da graduação da Universidade de Caxias do Sul (2024)

Tabela 2: Determinação das Áreas das Paredes Externas.

LEVANTAMENTO FACHADAS				
Fachada	Área (m ²)	Descontos (m ²)	Total p/1 casa (m ²)	Total p/2 casas (m ²)
Oeste	50,69	9,18	41,51	83,02
Leste	42,85	1,32	41,53	83,06
Norte	68,76	0	68,76	68,76
Sul	60,36	0	60,36	60,36
TOTAL				295,2 m²

Fonte: Disciplina da graduação da Universidade de Caxias do Sul (2024)

Para os dados levantados acima, foram considerados todos os ambientes que compõem a edificação, incluindo o reservatório superior, de forma a assegurar a abrangência e a consistência dos dados. As composições utilizadas estão descritas detalhadamente nos Anexos E a J.

4.1 Composições de Custos: Alvenaria Estrutural com Blocos Cerâmicos

A composição de custo para a alvenaria estrutural em blocos cerâmicos foi adotada a de número 89306 registrada no portal do SINAPI em outubro de 2024. Essa composição reflete a prática mais comum no mercado, utilizando blocos cerâmicos de dimensões padronizadas e argamassa preparada em betoneira. A escolha foi fundamentada pela representatividade desta composição no setor, permitindo que a análise de custos seja alinhada às práticas construtivas usualmente empregadas em obras que utilizam esse método.

Com a composição definida, busca-se o código da composição na tabela de Custos e Referências de Composições Analítica Não Desonerado da SINAPI, e a partir dela, são definidos os insumos utilizados pelo serviço. A partir disso, é determinado o custo total por metro quadrado executado para cada insumo, e por fim, com base na área interna da edificação (1076,49m²), pode ser determinado o custo total do serviço. A Tabela 3 apresenta a síntese dos dados obtidos.

Tabela 3: Composição de Insumos para a Execução de Alvenaria Estrutural em Blocos Cerâmicos.

Descrição do Item	Unidade Item	Origem De Preço Item	Coefficiente	Preço Unitário	Custo (R\$/m²)	Custo Total (R\$)
Bloco Estrutural Cerâmico De 14 X 19 X 29 Cm (L X A X C) E 6,0 Mpa	Un	Coeficiente De Representatividade	15,29	2,13	32,56	35.050,51
Canaleta Estrutural Cerâmica De 14 X 19 X 29 Cm (L X A X C) E 6,0 Mpa	Un	Coeficiente De Representatividade	1,27	2,50	3,17	3.412,47
Meio Bloco Estrutural Cerâmico De 14 X 19 X 14 Cm (L X A X C) E 6,0 Mpa	Un	Coeficiente De Representatividade	1,53	1,40	2,14	2.303,69
Argamassa Traço 1:1:6 (Em Volume De Cimento, Cal E Areia Média Úmida) Para Emboço/Massa Única/Assentamento De Alvenaria De Vedação, Preparo Mecânico Com Betoneira 400 L. Af_08/2019	M3	Coeficiente De Representatividade	0,0192	631,89	12,13	13.057,82
Pedreiro Com Encargos Complementares	H	Coletado	1,2	27,93	33,51	36.073,18
Servente Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,6	23,08	13,84	14.898,62
				Total	97,35	104.795,81

Fonte: SINAPI (2024)

Com base na composição apresentada na Tabela 3, bem como dos valores unitários de cada insumo é possível determinar o custo total para cada unidade de área construída em R\$ 97,35/m². Com esta informação para a execução da área total de paredes, o custo determinado resulta no valor de R\$ 104.795,81.

A composição de custo para chapisco interno foi adotada a de número 87879 registrada no portal do SINAPI em outubro de 2024. Essa composição foi escolhida por refletir uma prática consolidada no mercado, utilizando ferramentas e insumos de fácil acesso, além de garantir eficiência e padronização no preparo e aplicação da argamassa.

Com a composição definida, busca-se o código da composição na tabela de Custos e Referências de Composições Analítica Não Desonerado da SINAPI. A partir disso, é determinado o custo total por metro quadrado executado para cada insumo, e por fim, com base na área interna da edificação (1076,49m²), pode ser determinado o custo total do serviço. A Tabela 4 apresenta a síntese dos dados obtidos.

Tabela 4: Composição de Insumos para a Execução de Chapisco Interno.

Descrição Item	Unidade Item	Origem de Preço Item	Coefficiente	Preço Unitário	Custo (R\$/m²)	Custo Total (R\$)
Argamassa Traço 1:3 (Em Volume De Cimento E Areia Grossa Úmida) Para Chapisco Convencional, Preparo Manual. Af_08/2019	M3	Coefficiente De Representatividade	0,0037	710,57	2,62	2432,867
Pedreiro Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,1724	27,93	4,81	2045,331
Servente Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,0575	23,08	1,32	624,3642
				Total	8,75	5.102,54

Fonte: SINAPI (2024)

Com base na composição apresentada na Tabela 4, bem como dos valores unitários de cada insumo é possível determinar o custo total para cada unidade de área construída em R\$ 8,75/m². Com esta informação para a execução da área total de paredes, o custo determinado resulta no valor de R\$ 5.102,54.

Já para composição de custo para reboco interno foi adotada a de número 87529 registrada no portal do SINAPI em outubro de 2024. Essa composição reflete uma técnica consolidada, que utiliza argamassa de massa única com preparo mecânico e aplicação manual, assegurando precisão e regularidade no acabamento interno. O método, adequado para ambientes de dimensões comuns, proporciona eficiência e qualidade, sendo amplamente adotado no setor.

Com a composição definida, busca-se o código da composição na tabela de Custos e Referências de Composições Analítica Não Desonerado da SINAPI. A partir disso, é determinado o custo total por metro quadrado executado para cada insumo, e por fim, com base na área interna da edificação (1076,49m²), pode ser determinado o custo total do serviço. A Tabela 5 apresenta a síntese dos dados obtidos.

Tabela 5: Composição de Insumos Para a Execução de Massa Única.

Descrição Item	Unidade Item	Origem de Preço Item	Coefficiente	Preço Unitário	Custo (R\$/m²)	Custo Total (R\$)
Argamassa Traço 1:2:8 (Em Volume De Cimento, Cal E Areia Média Úmida) Para Emboço/Massa Única/Assentamento De Alvenaria De Vedação, Preparo Mecânico Com Betoneira 400 L. Af_08/2019	M3	Coefficiente De Representativida de	0,0304	603,34	18,34	19742,80
Pedreiro Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,4724	27,93	13,19	14198,90
Servente Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,2362	23,08	5,45	5866,87
				Total	36,98	39.808,42

Fonte: SINAPI (2024)

Com base na composição apresentada na Tabela 5, bem como dos valores unitários de cada insumo é possível determinar o custo total para cada unidade de área construída em R\$ 36,98 /m². Com esta informação para a execução da área total de paredes o custo determinado resulta no valor de R\$ 39.808,42.

A composição de custo para chapisco externo foi adotada a de número 87904 registrada no portal do SINAPI em outubro de 2024. Essa composição reflete uma prática consolidada no mercado da construção civil, utilizando técnicas acessíveis, como o preparo manual da argamassa no traço 1:3 e a aplicação com colher de pedreiro.

Com a composição definida, busca-se o código da composição na tabela de Custos e Referências de Composições Analítica Não Desonerado da SINAPI. A partir disso, é determinado o custo total por metro quadrado executado para cada insumo, e por fim, com base na área interna da edificação (295,20m²), pode ser determinado o custo total do serviço. A Tabela 6 apresenta a síntese dos dados obtidos.

Tabela 6: Composição de Insumos para a Execução de Chapisco Externo.

Descrição Item	Unidade Item	Origem De Preço Item	Coefficiente	Preço Unitário	Custo (R\$/m²)	Custo Total (R\$)
Argamassa Traço 1:3 (Em Volume De Cimento E Areia Grossa Úmida) Para Chapisco Convencional, Preparo Mecânico Com Betoneira 400 L. Af_08/2019	M3	Coefficiente De Representatividade	0,0037	612,15	2,26	773,424
Pedreiro Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,0681	27,93	1,9	1419,91
Servente Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,0255	23,08	0,58	1,32
				Total	4,74	2.583,00

Fonte: SINAPI (2024)

Com base na composição determinada na Tabela 6, bem como dos valores unitários de cada insumo é possível determinar o custo total para cada unidade de área construída em R\$ 4,74/m². Com esta informação para a execução da área total de paredes o custo determinado resulta no valor de R\$ 2.583,00.

A composição de custo para reboco externo foi adotada a de número 87783 registrada no portal do SINAPI em outubro de 2024. Essa composição reflete um método eficiente e padronizado, utilizando argamassa industrializada e aplicação mecanizada, o que garante uniformidade e rapidez no processo, especialmente em fachadas de grande área.

Com a composição definida, busca-se o código da composição na tabela de Custos e Referências de Composições Analítica Não Desonerado da SINAPI. A partir disso, é determinado o custo total por metro quadrado executado para cada insumo, e por fim, com base na área interna da edificação (295,20m²), pode ser determinado o custo total do serviço. A Tabela 7 apresenta a síntese dos dados obtidos.

Tabela 7: Composição de Insumos Para a Execução de Reboco Externo.

Descrição Item	Unidade Item	Origem De Preço Item	Coeficiente	Preço Unitário	Custo (R\$/m²)	Custo Total (R\$)
Tela De Aço Soldada Galvanizada/Zincada Para Alvenaria, Fio D = *1,24 Mm, Malha 25 X 25 Mm	M2	Coeficiente De Representatividade	0,1388	17,80	2,47	729,144
Argamassa Industrializada Para Revestimentos, Mistura E Projeção De 1,5 M³/H De Argamassa. Af_08/2019	M3	Coeficiente De Representatividade	0,0421	1849,60	77,86	22984,27
Pedreiro Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,791	27,93	22,09	6520,97
Servente Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,791	23,08	18,25	5387,40
				Total	120,67	35.621,78

Fonte: SINAPI (2024)

Com base na composição apresentada na Tabela 7, bem como dos valores unitários de cada insumo é possível determinar o custo total para cada unidade de área construída em R\$ 120,67/m². Com base nesta informação, a execução da área total de paredes o custo determinado resulta no valor de R\$ 2.583,00.

A partir dos levantamentos realizados por meio das composições, pode-se determinar os custos dos materiais, mão de obra e o custo total para a execução. A Tabela 8 apresenta o custo total para a execução da alvenaria estrutural com blocos cerâmicos.

Tabela 8: Custos Alvenaria Estrutural em Blocos Cerâmicos

Serviço	Custo de materiais	Custo de mão de obra	Custo total
Alvenaria em blocos cerâmicos	R\$ 53.824,25	R\$ 50.971,56	R\$ 104.795,81
Chapisco interno	R\$ 2.432,86	R\$ 2.669,68	R\$ 5.102,54
Reboco interno	R\$ 19.742,73	R\$ 20.065,68	R\$ 39.808,42
Chapisco externo	R\$ 773,42	R\$ 1.809,58	R\$ 2.583,00
Reboco externo	R\$ 23.713,42	R\$ 11.908,37	R\$ 35.621,78
Total	R\$ 100.486,68	R\$ 87.424,87	R\$ 187.911,55

Fonte: O Autor (2024)

Com base nos dados levantados conclui-se para o empreendimento analisado tem-se os valores de R\$ 100.486,68 referente ao custo total de materiais, R\$ 87.424,27 referente ao custo total de mão de obra, resultado em R\$187.911,55 para a execução da estrutura de alvenaria estrutural em blocos cerâmicos e os revestimentos internos e externos.

4.2 Composições de Custos: Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto

Para composição de custo para alvenaria estrutural em blocos de concreto a de número 89470 registrada no portal do SINAPI em outubro de 2024. Essa composição foi escolhida por se enquadrar de forma mais adequada às necessidades do empreendimento, considerando o método usual de execução no mercado.

Além da composição principal, serão consideradas também as composições de custo para chapisco interno e externo, bem como reboco interno e externo, já mencionadas no item anterior. Esses itens de acabamento serão reaplicados nesta análise, pois são necessários para a regularização e o acabamento da superfície em paredes de alvenaria estrutural, como é prática usual no mercado da construção civil.

Com a composição definida, busca-se o código na tabela de Custos e Referências de Composições Analítica Não Desonerado da SINAPI, e a partir dela, é definido os insumos utilizados pelo serviço. A partir disso, é determinado o custo total por metro quadrado executado para cada insumo, e por fim, com base na área interna da edificação (1076,49 m²), pode ser determinado o custo total do serviço. A Tabela 9 apresenta a síntese dos dados obtidos.

Tabela 9: Composição de Insumos para a Execução de Alvenaria Estrutural em Blocos de Concreto.

Descrição Item	Unidade Item	Origem De Preço Item	Coefficiente	Preço Unitário	Custo (R\$/M²)	Custo Total (R\$)
Bloco De Concreto Estrutural 14 X 19 X 39 Cm, Fbk 4,5 Mpa (Nbr 6136)	Un	Coefficiente De Representatividade	10,204	4,81	49,08	52834,13
Meio Bloco De Concreto Estrutural 14 X 19 X 19 Cm, Fbk 4,5 Mpa (Nbr 6136)	Un	Coefficiente De Representatividade	1,46	2,75	4,01	4316,725
Bloco De Concreto Estrutural 14 X 19 X 34 Cm, Fbk 4,5 Mpa (Nbr 6136)	Un	Coefficiente De Representatividade	1,46	4,4	6,42	6911,066
Canaleta De Concreto Estrutural 14 X 19 X 39 Cm, Fbk 4,5 Mpa (Nbr 6136)	Un	Coefficiente De Representatividade	0,97	5,42	5,25	5651,573
Pedreiro Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,62	27,93	17,31	18634,04
Servente Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,62	23,08	14,3	15393,81
Argamassa Traço 1:2:9 (Em Volume De Cimento, Cal E Areia Média Úmida) Para Emboço/Massa Única/Assentamento De Alvenaria De Vedação, Preparo Mecânico Com Betoneira 400 L. Af_08/2019	M3	Coefficiente De Representatividade	0,0168	568,33	9,54	10269,71
				Total	105,91	114.010,53

Fonte: SINAPI (2024)

Com base na composição da Tabela 9, bem como dos valores unitários de cada insumo é possível determinar o custo total para cada unidade de área construída em R\$ 105,91/m². Com

esta informação a execução da área total de paredes o custo determinado resulta no valor de R\$ 114.010,53.

A partir dos levantamentos realizados, pode-se determinar os custos dos materiais, mão de obra e o custo total para a execução para cada composição, como pode ser visualizado na Tabela 10.

Tabela 10: Custos Alvenaria Estrutural em Blocos de Concreto

Serviço	Custo de materiais	Custo de mão de obra	Custo total
Alvenaria em blocos de concreto	R\$ 79.982,84	R\$ 34.027,69	R\$ 114.010,53
Chapisco interno	R\$ 2.432,86	R\$ 2.669,68	R\$ 5.102,54
Reboco interno	R\$ 19.742,73	R\$ 20.065,68	R\$ 39.808,42
Chapisco externo	R\$ 773,42	R\$ 1.809,58	R\$ 2.583,00
Reboco externo	R\$ 23.713,42	R\$ 11.908,37	R\$ 35.621,78
Total	R\$ 126.645,27	R\$ 70.481,00	R\$ 197.126,26

Fonte: O Autor (2024)

Com base nos dados da Tabela 10, conclui-se para o empreendimento analisado tem-se os valores de R\$ 126.645,27 referente ao custo total de materiais, R\$ 70.481,00 referente ao custo total de mão de obra, resultado em R\$197.12626, para a execução da estrutura de alvenaria estrutural em blocos de concreto e os revestimentos internos e externos.

4.3 Composições de Custos: Impressão 3D

A composição de custo para a execução de paredes estruturais por meio da impressão 3D foi desenvolvida a partir de informações obtidas via entrevista e informações obtidas com especialista de uma empresa especializada na comercialização de equipamentos para impressão 3D. A empresa possui experiência prática em dois empreendimentos executados na cidade Caxias do Sul/RS. Os dados coletados proporcionaram uma base sólida para dimensionar custos relacionados à tecnologia e aos insumos utilizados.

O material utilizado é uma argamassa especial com aditivos para cura rápida, cujo custo varia de R\$ 1,00 a R\$ 1,50 por quilograma. Este material é adquirido na forma de mistura pronta industrializada, ensacada, necessitando apenas de adição de água, proporciona maior uniformidade e qualidade. A velocidade de impressão da máquina é de 140 mm/s, o peso por metro quadrado de parede é de 144 kg para uma camada de 40 x 14 mm. O custo desse insumo é obtido pela multiplicação da massa necessária, pelo valor médio de argamassa.

A determinação da mão de obra leva em consideração às características do método, que exige menor supervisão presencial. Para uma residência de 80 m², a impressão 3D é realizada

em aproximadamente 90 horas de forma ininterruptas, mas apenas 24 horas requerem monitoramento presencial. Adicionalmente, consideraram-se 22 horas para montagem e desmontagem do equipamento (8 horas em cada etapa), bem como de 6 horas para montagem e escoramento de estruturas para apoiar os vãos de janelas e portas. No total, o processo demanda 46 horas presenciais de trabalho, o que equivale a 0,575 horas/m².

Com base nessas informações, a composição inclui o custo do material e a mão de obra proporcional, oferecendo uma estimativa realista para a execução de paredes estruturais via impressão 3D, alinhada à eficiência e à inovação proporcionadas por essa tecnologia. A Tabela 11 apresenta a síntese dos dados.

Tabela 11: Composição de Insumos para a execução com impressão 3d.

Descrição Item	Unidade Item	Origem de Preço Item	Coefficiente	Preço Unitário	Custo (R\$/m²)	Custo Total (R\$)
Argamassa Autonivelante Industrializada	Kg	Coletado	144	1,25	180	193.767,30
Servente Com Encargos Complementares	H	Coletado	0,575	23,08	13,271	14.286,03
Total					193,271	208.053,33

Fonte: SINAPI e Empresa Especializada em Equipamentos para Impressão 3D para a Construção Civil (2024)

Após a determinação do custo unitário para os insumos e mão de obra para o serviço é possível estimar para a área total do empreendimento o valor de R\$ 208.053,33.

Como este método executivo não necessita a execução de revestimentos internos e externos a composição total leva em consideração apenas o custo da argamassa como o material, com o valor de R\$193.767,30, bem como o custo de mão de obra é de R\$14.286,03.

4.4 Comparação entre Sistemas

Para cada método foi somado os valores da composição de custos, determinando assim o custo total. Desta forma, os valores de R\$ 187.911,55 para alvenaria estrutural em blocos cerâmicos, R\$ 197.421,46 para alvenaria estrutural em blocos de concreto e R\$ 208.053,33 para a utilização de impressão 3D em argamassa. A Tabela 13 apresenta a síntese dos resultados.

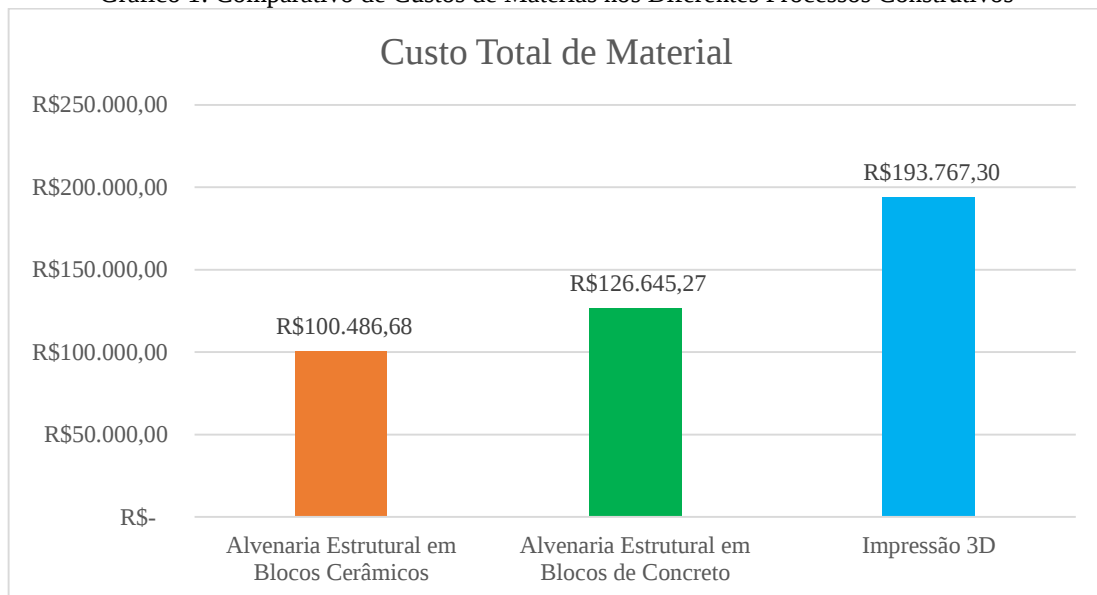
Tabela 13: Comparativo de custo de insumos x custo de mão de obra

Tipo de Sistema	Custo total de Insumo (R\$)	Custo Total de Mão de Obra (R\$)	Custo Total (R\$)
Alvenaria Estrutural: Bloco Cerâmico	R\$ 100.486,68	R\$ 87.424,87	R\$ 187.911,55
Alvenaria Estrutural: Bloco de Concreto	R\$ 126.645,27	R\$ 70.481,00	R\$ 197.126,26
Impressão 3D	R\$ 193.767,30	R\$ 14.286,03	R\$ 208.053,33

Fonte: O Autor (2024)

Com estes dados pode-se concluir que o custo dos materiais utilizado em alvenaria estrutural, incluindo os serviços de chapisco e reboco, tanto internos quanto externos, são mais econômicos quando comparado com a argamassa utilizada na impressão 3D, como consta no Gráfico 1.

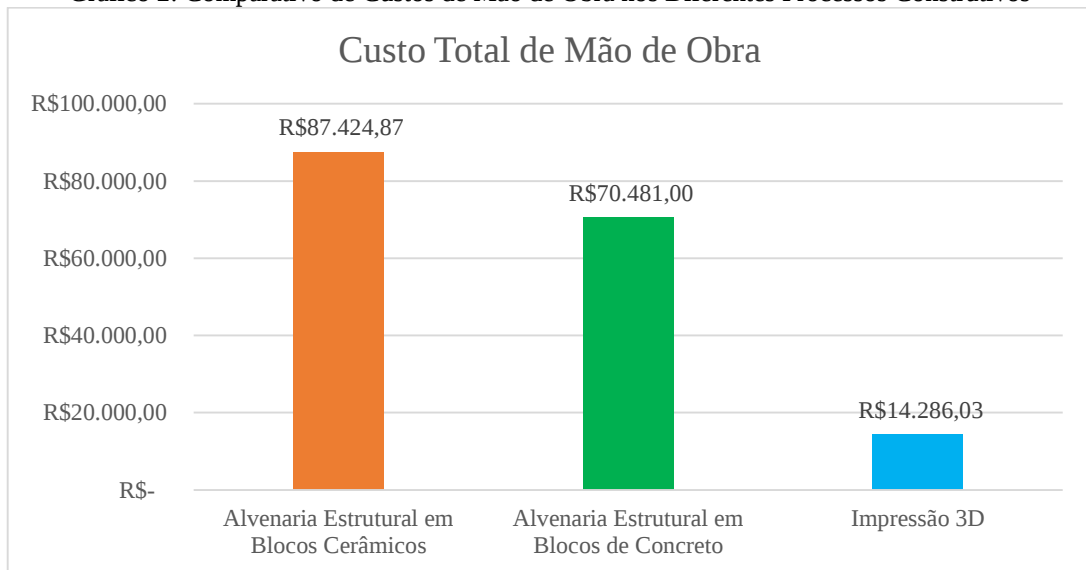
Gráfico 1: Comparativo de Custos de Matérias nos Diferentes Processos Construtivos



Fonte: O Autor (2024)

A partir dos dados acima, conclui-se que a argamassa utilizada para a impressão 3D é cerca de 93% mais cara em comparação ao utilizando blocos cerâmicos e 53% mais cara em relação ao método utilizando blocos de concreto. Porém quando se analisa exclusivamente o custo da mão de obra, verifica-se uma vantagem econômica, como pode ser verificado no Gráfico 2.

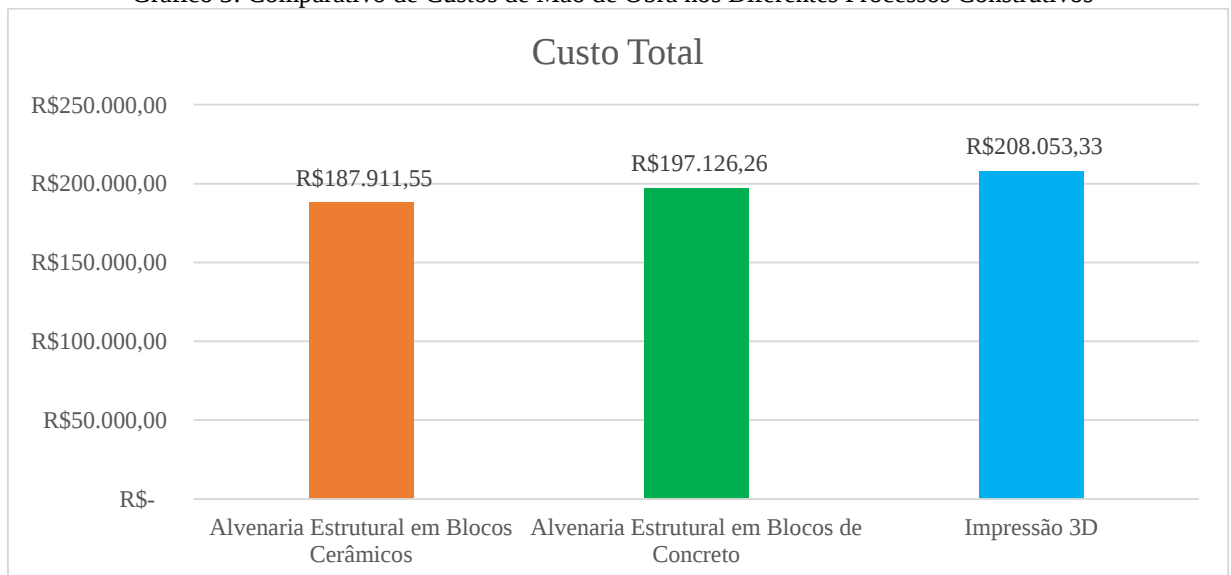
Gráfico 2: Comparativo de Custos de Mão de Obra nos Diferentes Processos Construtivos



Fonte: O Autor (2024)

Com esta análise encontra-se uma economia de aproximadamente 84%, em relação ao método utilizando blocos cerâmicos e 80% com o método utilizando blocos de concreto. Em comparação ao custo global dos serviços, a impressão 3D gera um acréscimo no investimento necessário para a execução do empreendimento, como pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3: Comparativo de Custos de Mão de Obra nos Diferentes Processos Construtivos



Fonte: O Autor (2024)

Este investimento é cerca 11% e 6% em relação a alvenaria estrutural em blocos cerâmicos e de concreto respectivamente, no investimento para a execução. É importante salientar que com este investimento acarreta certas vantagens que impressão 3D proporciona como:

- a) Eliminação da necessidade de reboco interno e externo, reduzindo etapas e custos adicionais;
- b) Menor demanda por mão de obra, otimizando os recursos humanos;
- c) Maior velocidade de execução, levando em conta que a impressão pode ser contínua, ou seja, 24 horas diárias;
- d) Maior precisão construtiva, minimizando erros e retrabalhos;
- e) Redução de resíduos e consumo de materiais. O que torna o investimento atrativo para as necessidades do mercado atual.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa dos custos associados aos métodos construtivos de alvenaria estrutural e impressão 3D em concreto, com foco na viabilidade econômica de cada tecnologia no contexto da construção civil. Para isso, foram utilizados dados do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI) e informações fornecidas por empresas especializadas no setor. A abordagem metodológica envolve a análise quantitativa de custos e uma investigação qualitativa para compreender as implicações práticas e técnicas dos métodos analisados. O estudo busca oferecer subsídios para decisões mais informadas, contribuindo para o avanço das discussões sobre a adoção de tecnologias emergentes e inovadoras no setor construtivo.

Com base nos dados apresentados conclui-se que a utilização de impressão 3D com argamassa industrializada, apesar de enfrentar diversas adversidades e incertezas, representa uma alternativa promissora no setor da construção civil. Entre os principais desafios estão o elevado custo da matéria-prima, a ausência de regulamentações técnicas específicas e a necessidade de maior conhecimento sobre os parâmetros executivos, como velocidade de extrusão e consistência ideal da argamassa.

Essas características tornam a impressão 3D uma solução viável para projetos futuros, especialmente em empreendimentos habitacionais populares e na reconstrução de moradias afetadas por desastres naturais, devido à rapidez e facilidade de execução. Contudo, é importante ressaltar que a impressão 3D apresenta um custo inicial mais elevado, sendo cerca de 11% mais cara que a alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e 6% mais cara que a alvenaria estrutural com blocos de concreto no custo global do empreendimento, segundo os dados analisados no presente estudo.

Entretanto ainda não é o momento adequado para sua ampla implementação, tendo em vista a falta de normatização e regulamentação técnica, aliada à necessidade de estudos mais aprofundados sobre a tecnologia, escassez de equipamentos, e pouco desenvolvimento no setor, o que limita a aplicabilidade prática no cenário atual. Apesar disso, as perspectivas de médio a longo prazo são otimistas, dado o potencial transformador da impressão 3D em termos de geração de resíduos e eficiência construtiva.

REFERÊNCIAS

AMBEKAR, R. S., BASTOS, L. V., GALVAO, D. S., TIWARY, C. S., & WOELLNER, C. F. (2023). Topological engineered 3D printing of architecturally interlocked petal-Schwarzites. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2307.04540>. Acesso em: 7 dez. 2024.

Associação Brasileira De Cimento Portland (ABCP). Impressão 3D em concreto revoluciona a construção civil. Disponível em: <https://abcp.org.br/impressao-3d-em-concreto-revoluciona-a-construcao-civil/>. Acesso em: 18 out. 2024.

Associação Brasileira de Incorporadoras e Imobiliárias (ABRAINCO.) 2021. Como o BIM está avançando no Brasil e no mundo. Disponível em: <https://www.abrainco.org.br> • Sinaenco. (2023). Marcos legislativos devem impulsionar avanço das tecnologias BIM em 2024. Disponível em: <https://sinaenco.com.br>

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. 5ª ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2016.

ATAIDES, G. A., & PEIXOTO, M. S. (2023). "Estudo do Método Construtivo de Pré-Moldados." Revista FT, 27(128). Disponível em: <https://revistaft.com.br/estudo-do-metodo-construtivo-de-pre-moldados/>. Acesso em: 6 dez. 2024.

AUTODESK. (2023). BIM no Brasil: uma visão técnica e jurídica. Disponível em: <https://blogs.autodesk.com>.

BEBBER, E. P. Projeto Arquitetônico da disciplina de Atelier de Arquitetura e Urbanismo I da Universidade de Caxias do sul, 09 set. 2024.

CAVALCANTI, V. Y. S. DE L., SOUZA, G. H. DE., SODRÉ, M. A. C., ABREU, M. S. D. DE., MACIEL, T. DA S., & SILVA, J. M. DE A. (2018). INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Revista Campos do Saber, v.4, n.4.

COMELLI, A. Vantagens dos Blocos de Concreto na Alvenaria Estrutural. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329603448_Alvenaria_estrutural_na_construcao_civil/fulltext/5c11eb52a6fdcc494ff039b9/Alvenaria-estrutural-na-construcao-civil.pdf. Acesso em: 02 out. 2024

DA SILVA, I. M. Estudo exploratório do uso da impressão 3D na construção civil. 2023.

FLORENCIO, E. Q. Impressão 3D: como essa tecnologia vem impactando atualmente a construção civil? Concreto & Construções, v. 114, p. 1-12, 2024.

FRANCO, L. S. Racionalização Construtiva, Inovação Tecnológica e Pesquisas. EPUSP, 1996.

- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GONÇALVES JÚNIOR, F. (2019). BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia. Mais Engenharia. Disponível em: <https://www.maisengenharia.com>
- GRANT T., Sienge, & ABDI. (2022). Maturidade BIM no Brasil - 2ª Edição. Grant Thornton Brasil. Disponível em: <https://www.grantthornton.com.br>. Acesso em: 01 oct. 2024.
- GRANT THORNTON BRASIL. (2022). Maturidade BIM no Brasil - 2ª Edição. Disponível em: <https://www.grantthornton.com.br>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) 2020. Pesquisa Anual da Indústria da Construção.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2001.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- MIGUEL, P. A. (org.). Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MOHAMAD G.; BAVASTRI, E. Y. N.; KIRCHHOF, L. D.; RIZZATTI, E.; JANTSCH, A. C. A. (2015). Desenvolvimento de uma nova concepção geométrica para os blocos de concretos não modulares para alvenaria estrutural. Revista Engenharia de Construção Civil, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 130-142, 2015.
- MOTTA, R. S., & FRANCO, M. A. (2017). Tecnologias emergentes na industrialização da construção civil. Revista Engenharia de Produção, 25(4), 231-248.
- OLIVEIRA, Jaqueline Teresinha Ramos de, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (UFSM). Análise da implementação da impressão 3D na construção civil em âmbito global e nacional. 2022.
- PORTO, T. M. S. (2016). Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- POTT, L. M., EICH, M. C., & ROJAS, F. (2017). Inovações tecnológicas na construção civil. Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão. Disponível em: <https://www.unicruz.edu.br>
- ROMAN, H. R.; et al. Análise de Alvenaria Estrutural. Universidade Corporativa Caixa, 1998.
- RUBIN, A. P. (2011). Argamassas autonivelantes industrializadas: estudo de suas propriedades no estado fresco e endurecido. 2011. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- RUBIN, A. P. (2021). Influência da taxa de estruturação nas propriedades reológicas, físicas e mecânicas de concretos para impressão 3D (3DCP). 2021. 265 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.
- SEVERINO, A. J. Metodologia de trabalho científico. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2004.

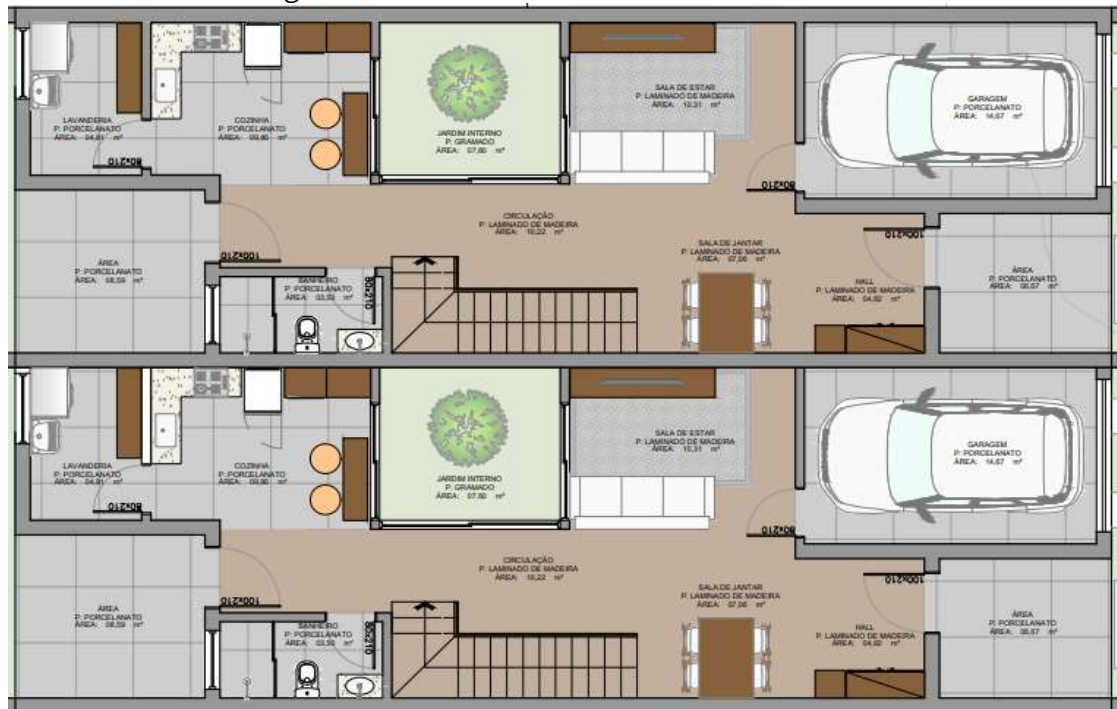
SILVA, I. M. Estudo exploratório do uso da impressão 3D na construção civil. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2022.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL, atualização de outubro de 2024.

SOUZA, R. T. O. Uso eficaz do BIM na gestão de projetos: desafios e oportunidades. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/59156/3/BIMgestaoprojetos_Souza_2024.pdf. Acesso em: 7 dez. 2024.

ANEXO A – Planta Baixa do Primeiro Pavimento.

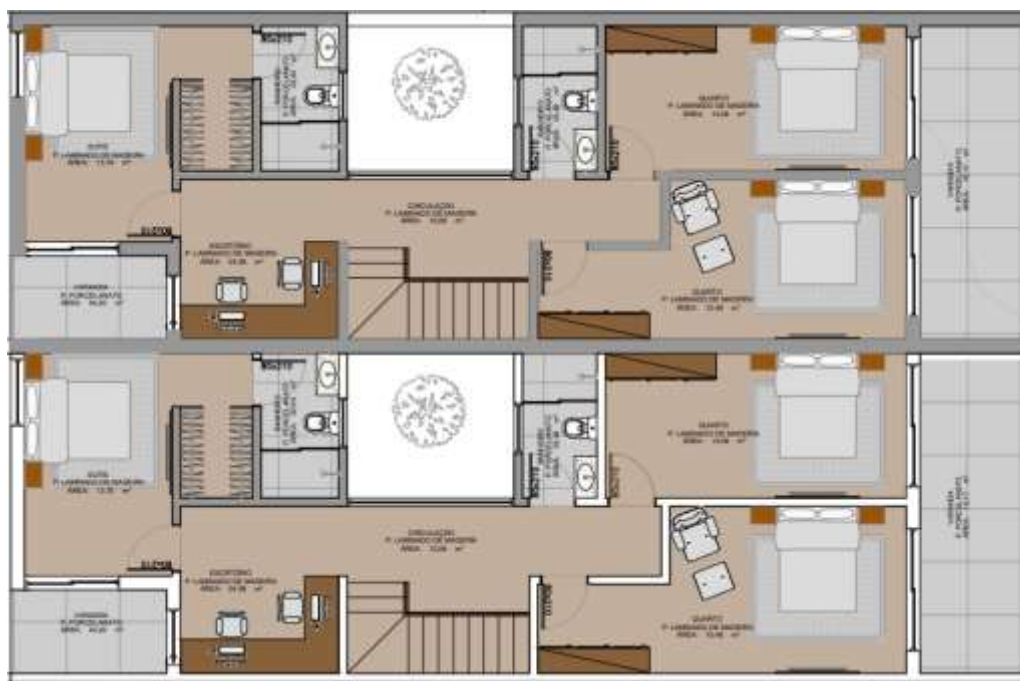
Figura 1 – Planta Baixa do Primeiro Pavimento.



Fonte: Disciplina da graduação da Universidade de Caxias do Sul (2024)

ANEXO B – Planta Baixa do Segundo Pavimento.

Figura 2 – Planta Baixa do Segundo Pavimento.



Fonte: Disciplina da graduação da Universidade de Caxias do Sul (2024)

ANEXO C – Planta de Corte.

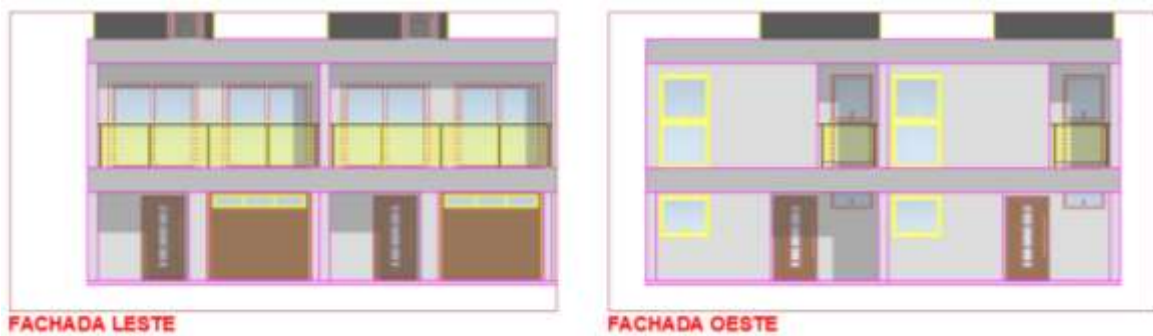
Figura 3 – Planta de Corte.



Fonte: Disciplina da graduação da Universidade de Caxias do Sul (2024)

ANEXO D – Plantas De Fachada.

Figura 4 – Plantas de Fachada.



Fonte: Disciplina da graduação da Universidade de Caxias do Sul (2024)

ANEXO E – Composições de Custo Blocos Cerâmicos.

Figura 5: Composição Analítica de Alvenaria Estrutural em Blocos Cerâmicos.

Tipo: 0064 - ALVENARIA DE ELEMENTOS VAZADOS CERAMICOS

1. COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DE SERVIÇO

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.PARE.AECE.013/01	ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS 14X19X29, (ESPESSURA DE 14 CM), UTILIZANDO COLHER DE PEDREIRO E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_03/2023	M2
Código SIPCI		Situação
89306		ATIVO
Vigência: 12/2014 Última Atualização: 03/2023		

COMPOSIÇÃO					
Item	Código	Descrição	Situação	Unid.	Coef.
I	34586	BLOCO ESTRUTURAL CERAMICO 14 X 19 X 29 CM, 6,0 MPA (NBR 15270)	ATIVO	UN	15,29000
I	34649	CANALETA ESTRUTURAL CERAMICA, 14 X 19 X 29 CM, 6,0 MPA (NBR 15270)	ATIVO	UN	1,27000
I	34788	MEIO BLOCO ESTRUTURAL CERAMICO 14 X 19 X 14 CM, 6,0 MPA (NBR 15270)	ATIVO	UN	1,53000
C	87286	ARGAMASSA TRAÇO 1:1:6 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	ATIVO	M3	0,01920
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	1,20000
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,60000

(Fonte: Caderno Técnico de Composições para Alvenaria Estrutural - Blocos Cerâmicos, SINAPI, 2024)

ANEXO F – Composições de Custo Chapisco Interno.

Figura 6: Composição Analítica de Chapisco Aplicado em Superfícies Internas.

1. COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DE SERVIÇO

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.REVE.CHAP.005/02	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIAS E ESTRUTURAS DE CONCRETO INTERNAS, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_10/2022	M2
Código SIPCI		Situação
87879		ATIVO
Vigência: 06/2014 Última Atualização: 10/2022		

COMPOSIÇÃO					
Item	Código	Descrição	Situação	Unid.	Coef.
C	87313	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA GROSSA ÚMIDA) PARA CHAPISCO CONVENCIONAL, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	ATIVO	M3	0,00370
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,06810
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,02550

(Fonte: Caderno Técnico de Composições para Chapisco, SINAPI, 2024)

ANEXO G – Composições de Custo Reboco Interno.

Figura 7: Composição Analítica de Massa Única Interna.

Código	Descrição Composição	Unid.	
87529	MASSA ÚNICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO, APLICADA MANUALMENTE EM PAREDES INTERNAS DE AMBIENTES COM ÁREA ENTRE 5M² E 10M², E = 17,5MM, COM TALISCAS. AF_03/2024	M2	
Classe		Tipo	
REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES		EMBOCO	
Macroclasse.classe.grupo	Vigência	Atualização	Situação
01.REVE.MUEI.002/01	06/2014	03/2024	ATIVO

1. ÁRVORE DE FATORES



2. ITENS DA COMPOSIÇÃO

Tipo	Código	Descrição	Unid.	Coeff.
C	87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	M3	0,0304
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,4724
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2362

(Fonte: Caderno Técnico de Composições para Massa Única, SINAPI, 2024)

ANEXO H – Composições de Custo Chapisco Externo.

Figura 8: Composição Analítica de Chapisco Externo.

1. COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DE SERVIÇO

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.REVE.CHAP.012/01	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (COM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO MANUAL. AF_10/2022	M2
Código SIPCI		Situação
87904		ATIVO
Vigência: 06/2014 Última Atualização: 10/2022		

COMPOSIÇÃO					
Item	Código	Descrição	Situação	Unid.	Coef.
C	87377	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA GROSSA ÚMIDA) PARA CHAPISCO CONVENCIONAL, PREPARO MANUAL. AF_08/2019	ATIVO	M3	0,00370
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,17240
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,05750

(Fonte: Caderno Técnico de Composições Massa Única Interna, SINAPI, 2024)

ANEXO I – Composições de Custo Reboco Externo.

Figura 9: Composição Analítica de Reboco Externo.

1. COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DE SERVIÇO

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.REVE.EMBO.004/01	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA, PREPARO MECÂNICO E APLICAÇÃO COM EQUIPAMENTO DE MISTURA E PROJEÇÃO DE 1,5 M3/H DE ARGAMASSA EM PANOS DE FACHADA COM PRESENÇA DE VÃOS, ESPESSURA DE 35 MM. AF_08/2022	M2
Código SIPCI		Situação
87783		ATIVO
Vigência: 06/2014 Última Atualização: 08/2022		

COMPOSIÇÃO					
Item	Código	Descrição	Situação	Unid.	Coef.
I	37411	TELA DE AÇO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,24 MM, MALHA 25 X 25 MM	ATIVO	M2	0,13880
C	87407	ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA PARA REVESTIMENTOS, MISTURA E PROJEÇÃO DE 1,5 M3/H DE ARGAMASSA. AF_08/2019	ATIVO	M3	0,04210
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,79100
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,79100

(Fonte: Caderno Técnico de Composições para Massa Única Externa, SINAPI, 2024)

ANEXO J – Composições de Blocos de Concreto.

Figura 10: Composição Analítica de Alvenaria Estrutural em Blocos de Concreto.

1. COMPOSIÇÃO ANALÍTICA DE SERVIÇO

Código / Seq.	Descrição da Composição	Unidade
01.PARE.AECO.017/01	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 14X19X39 CM (ESPESSURA 14 CM), FBK = 4,5 MPA, UTILIZANDO COLHER DE PEDREIRO. AF_10/2022	M2
Código SIPC		Situação
89470		ATIVO
Vigência: 12/2014 Última Atualização: 10/2022		

COMPOSIÇÃO					
Item	Código	Descrição	Situação	Unid.	Coef.
I	25070	BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 39 CM, FBK 4,5 MPA (NBR 6136)	ATIVO	UN	10,20400
I	38589	MEIO BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 19 CM, FBK 4,5 MPA (NBR 6136)	ATIVO	UN	1,46000
I	38591	BLOCO DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 34 CM, FBK 4,5 MPA (NBR 6136)	ATIVO	UN	1,46000
I	38597	CANAleta DE CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 39 CM, FBK 4,5 MPA (NBR 6136)	ATIVO	UN	0,97000
C	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,62000
C	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	ATIVO	H	0,62000
C	88715	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	ATIVO	M3	0,01680

(Fonte: Caderno Técnico de Composições para Massa Única Externa, SINAPI, 2024)