XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

# Avaliação de consumos na execução de paredes de concreto moldadas no local: um estudo de caso em Campo Grande/MS

## Evaluation of consumption in the construction of cast-in-place concrete walls: a case study in Campo Grande/MS

**Gustavo Barbosa Lucas Ribeiro**
UFMS | Campo Grande | Brasil | gustavo.lucas@ufms.br
**Izabela Maria da Costa Oliveira**
UFMS | Campo Grande | Brasil | izabela.costa@ufms.br
**Pedro Henrique Oliveira Pinto**
UFMS | Campo Grande | Brasil | pedro_oliveira@ufms.br
**Karina Trevisan Latosinski**
UFMS | Campo Grande | Brasil | karina.latosinski@ufms.br

**Resumo**

*Paredes de concreto moldadas no local estão sendo cada vez mais empregadas para edificações verticalizadas em função da alta produtividade. Buscando avaliar essa produção em Campo Grande/MS, foi realizado um estudo de caso em 3 obras e o acompanhamento de consumos de uma delas. Identificou-se que os consumos de concreto são proporcionais aos números de unidades habitacionais, independente do tipo e número de blocos implantados. Os consumos e resíduos avaliados não foram impactados pela fase de execução das paredes.*

Palavras-chave: Parede de concreto. Consumo. Sustentabilidade. Produtividade.

**Abstract**

*Concrete walls casted in place are being increasingly used for vertical buildings because of the high productivity. To evaluate this production in Campo Grande/MS, a case study was conducted in three constructions and the supervision of the consumption of one of them. It was found that concrete consumption is proportional to the number of housing units independent of the type and number of units implemented. The evaluated consumption and waste were not strongly impacted by the execution phase of the walls.*

Keywords: Concrete wall. Consumption. Sustainability. Productivity

Como citar:
RIBEIRO, G.; OLIVEIRA, I.; PINTO, P.H; LATOSINSKI, K. Avaliação de consumos na execução de paredes de concreto moldadas no local: um estudo de caso em Campo Grande/MS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p.1-10.

## INTRODUÇÃO

A constante busca por produtividade e cronogramas reduzidos faz com que o uso de paredes de concreto moldadas no local ganhe cada dia mais espaço no mercado da construção civil brasileira. O incentivo na produção de várias unidades habitacionais pelo Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCM) possibilitou a consolidação desse sistema construtivo em grande escala para algumas faixas de abrangência do programa [1].

As paredes de concreto podem ser empregadas em habitações de diferentes padrões, entretanto a necessidade de fôrmas e o alto custo desse conjunto, quando metálico, impõem a repetitividade da produção. A literatura aponta que essa repetição aperfeiçoa o processo diminuindo erros de execução e custos com mão-de-obra [2]. Os ganhos em função do sistema construtivo adotado podem desencadear efeitos em diversas etapas da obra e, principalmente em países com predominância da construção manual, são significativas as contribuições relacionadas à produtividade [3].

As vedações verticais em concreto foram alvo de diversos estudos, conforme regulações de execução presentes na "Norma Brasileira 16055: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos e procedimentos" [4]. Atualmente a normativa passa por revisão para atender as exigências de edifícios com mais de 20 pavimentos, preconizando o uso de concreto autoadensável [5].

Quanto à avaliação do ciclo de vida, que considera o desempenho desde a extração da matéria prima até a disposição final, no contexto brasileiro a tecnologia apresentou elevado consumo energético na etapa de operação e na fase de produção com alto potencial de aquecimento global em função do uso do concreto [6]. Desse modo, considerando os objetivos do desenvolvimento sustentável, em especial ao atendimento de infraestruturas resilientes e promoção da industrialização inclusiva e sustentável, são importantes olhares mais amplos sobre essa produção.

Além das altas emissões causadas pela produção do cimento e seu uso massivo, a fase construtiva possui forte impacto na gestão dos recursos e, por isso, se faz necessário conhecer a intensidade desses impactos para mitigá-los ou promover ações específicas [7]. Assim, a identificação dos consumos de água e energia em canteiros de obras permite acompanhar o desempenho de cada fase de produção e até minimizar problemas de gestão existentes [8].

Considerando esse panorama, o presente estudo tem como objetivo analisar a compacidade dos projetos de três empreendimentos no município de Campo Grande/MS construídos com paredes de concreto e avaliar especificamente os dados de consumos na fase de execução de uma dessas obras. Assim, essa avaliação busca detectar fragilidades nos canteiros ou em determinadas fases da obra, além de apresentar características locais do emprego do sistema construtivo.

## MÉTODO

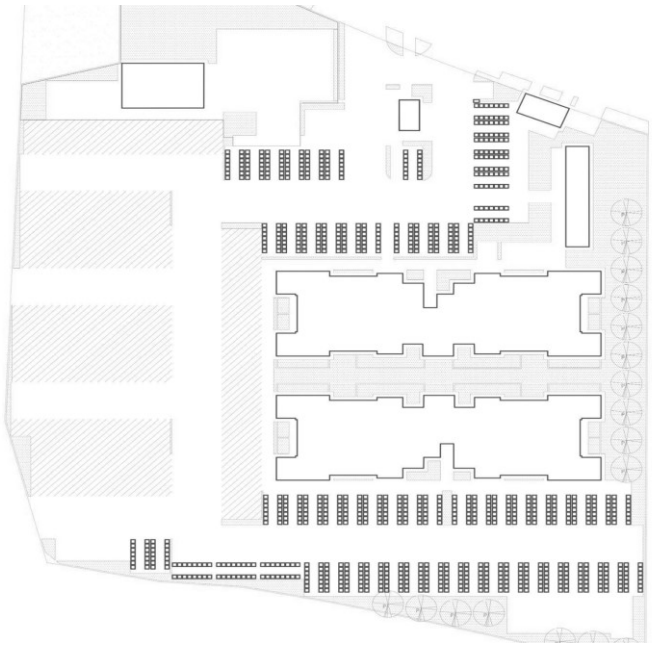
O procedimento metodológico adotado foi baseado em estudos de casos e análises quantitativas. Os casos descritos fazem parte dos resultados preliminares de um projeto de pesquisa [9] que se propõe a medir dados da produção de paredes de concreto em edifícios em altura por construtoras de grande porte na cidade de Campo Grande/MS, Brasil. Buscou-se no município mais de uma construtora com padrão semelhante de atuação, mas apenas uma possui empreendimentos com mais de 3 pavimentos, já que as outras utilizam paredes de concreto moldadas in loco para habitações térreas ou assobradadas.

### CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

Os números analisados pertencem a uma construtora com sede em Belo Horizonte, que atua desde 1979 em mais de 160 cidades brasileiras e desde o ano de 2015 emprega paredes de concreto em edifícios multifamiliares em Mato Grosso do Sul. Foram selecionadas três obras já finalizadas, aqui chamadas de "A", "B" e "C", executadas com paredes de concreto moldadas no local e fôrmas de alumínio. Todas possuem usos residenciais (sala e cozinha integradas, banheiro e dois dormitórios) e acabamentos semelhantes, mas variam na conformação da implantação (Figuras 1, 2 e 3).

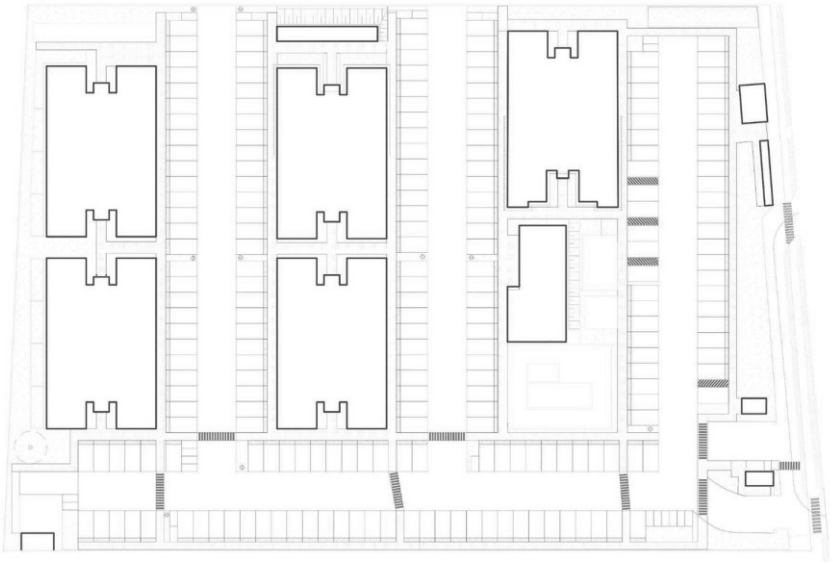
A empresa conta com diversos sistemas de controle em seus processos e serviços, tais como processo de rastreabilidade de concreto, registro de inspeção de atividades diárias, controle de gasto de água, energia e resíduos gerados. Ainda, a mão-de-obra é mista, parte terceirizada, parte contratada pela própria construtora.

**Figura 1: Implantação empreendimento “A”.**



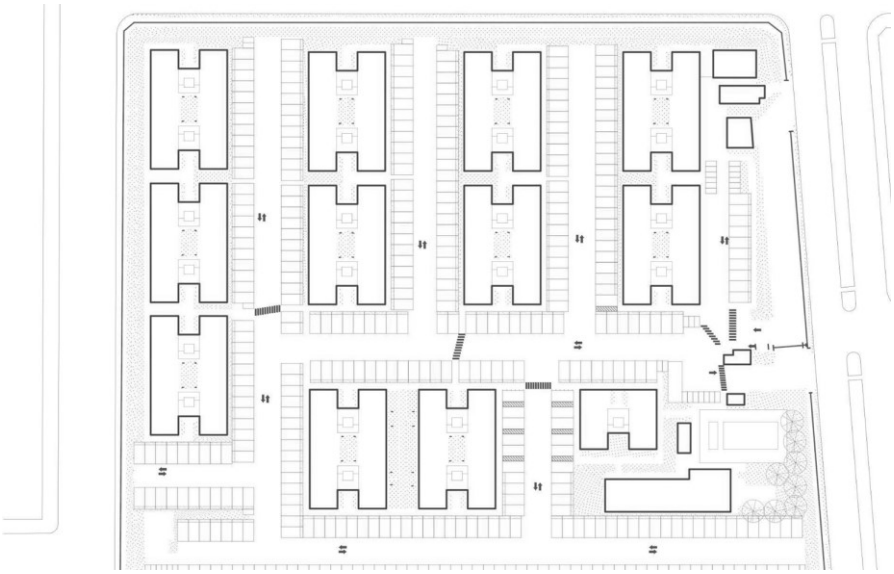
Fonte: Construtora responsável, adaptado pelos autores.

**Figura 2: Implantação empreendimento “B”.**



Fonte: Construtora responsável, adaptado pelos autores.

**Figura 3: Implantação empreendimento “C”.**



Fonte: Construtora responsável, adaptado pelos autores.

## LEVANTAMENTO DE DADOS

Os dados relacionados aos empreendimentos foram obtidos diretamente com engenheiros, administradores e técnicos residentes, por meio de acompanhamento direto das obras durante diversas fases de execução (visitas semanais). Para as 3 obras analisadas foram levantados:

- Projeto arquitetônico e projetos complementares em meio digital (extensão .dwg);
- Cronograma de execução, controle e planejamento de cada obra em tabelas gerais (project - linha de balanço);

Com relação aos consumos, os profissionais responsáveis forneceram dados parciais e, por isso, foi possível apenas uma obra para a análise dos consumos com dados completos. Fornecidos pelas concessionárias de água, de energia, pela empresa de coleta de resíduos e pela concreteira, foram obtidos:

- Indicador de consumo de água (em m³) ao final da obra, disponível na plataforma da concessionária que presta o serviço de abastecimento - Águas Guariroba;
- Indicador de consumo de energia em KW/h de junho/2021 até o final da obra, por meio da plataforma da concessionária que presta o serviço - Energisa;
- Volume de resíduo coletado no canteiro de obras, contabilizado pelo setor de meio ambiente que realiza o controle deste dado ao longo do período de execução da obra;
- Consumo de concreto por meio do sistema de acompanhamento diário de concretagens e locais de aplicação que são realizados in loco;

## ANÁLISE DE DADOS

Conforme metodologia apontada por diversos autores [10] [11], o índice de compacidade pode ser visto como um indicador de sustentabilidade, já que a redução dos consumos e a energia incorporada nos sistemas construtivos está relacionada à economia das vedações verticais. Este índice é obtido pela fórmula [10]:

$$IC = \frac{\sqrt{Ap * \pi}}{Pp}$$

Onde:

- IC: índice de compacidade;
- Ap: superfície do projeto (m²);
- Pp: perímetro das paredes exteriores do projeto (m).

Afora o índice de compacidade identificado para as 3 obras (A, B e C), os dados de consumo foram avaliados na obra “A” correlacionando as etapas de trabalho do canteiro com os dados fornecidos pela construtora e demais observações no campo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os três empreendimentos foram analisados sob a ótica da compacidade dos projetos e ainda foi possível relacionar o volume das paredes de concreto com as demais informações coletadas. Mostrou-se que quanto maior o tamanho do empreendimento, ou seja, quanto mais apartamentos, maior o gasto de concreto com a execução das paredes. Como as tipologias são distintas, observou-se que a obra com menor número de blocos e planta mais alongada, obra A, apresentou uma relação de maior consumo de concreto por unidade habitacional e aquela que possui a maior quantidade de blocos, apresentou menor relação concreto/unidade. As áreas úteis das unidades habitacionais são semelhantes nos três casos analisados, embora o número de unidades por pavimento possua variação. A Tabela 1 compila as principais informações relacionadas aos dados gerais analisados.

**Tabela 1: Dados gerais das 3 obras analisadas**

| Obra | | **A** | **B** | **C** |
|---|---|---|---|---|
| Número de Pavimentos | | 8 | 5 | 4 |
| Número de blocos | | 2 | 5 | 12 |
| Unidades habitacionais | | 128 | 200 | 368 |
| Unidades por pavimento | | 8 | 4 | 4 |
| Volume total de concreto paredes ($m^3$) | | 1971 | 2954,5 | 5425 |
| Relação consumo de concreto por unidade | | 15,44 | 14,77 | 14,74 |
| Área da unidade habitacional padrão ($m^2$) | | 36 | 38,16 | 36,3 |
| Área total construída | ($m^2$) | 7.281,63 | 9.785,38 | 17.104,97 |
| Área de laje | ($m^2$) | 396,9505 | 369,9525 | 370,2178 |
| Perímetro | (m) | 127.9003 | 125.7155 | 126.0505 |
| Índice compacidade (IC) | | 0,28 | 0,27 | 0,27 |

Fonte: os autores.

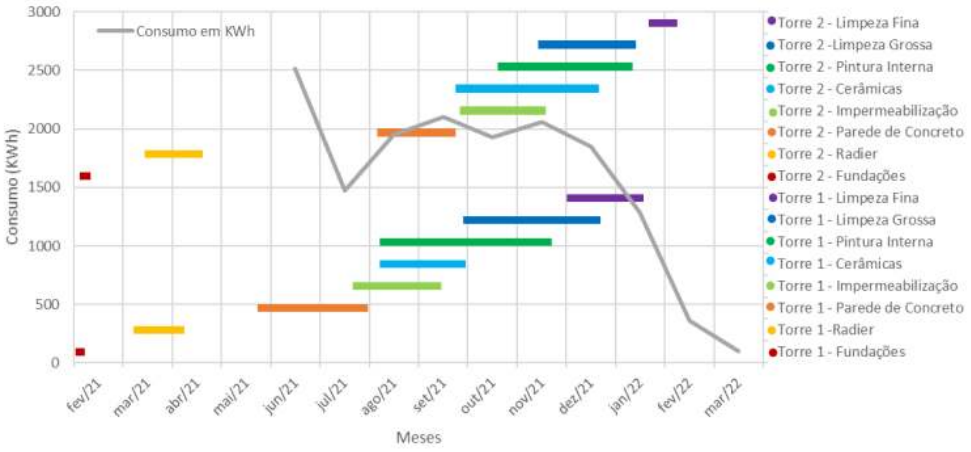
Os três valores encontrados para o índice de compacidade são baixos se comparados com casos semelhantes [12] e, por estarem abaixo de 0,6 são considerados inadequados. Dessa maneira, identifica-se que as formas dos projetos edificados demandam fortemente recursos para a envoltória, já que os valores relatam um perímetro de projeto significativo. Considerando o desenho da planta baixa, identifica-se que o caso "A" apesar de maior compacidade, possui extensos corredores que impactam também no consumo de concreto. O caso "C" apresenta a mesma compacidade que a conformação de "B" com a replicação de blocos no formato H, gerando a necessidade de pequenos pátios internos ou poços de luz que muitas vezes podem representar dificuldades de execução e posterior uso.

### OBRA A

Considerando os dados da obra A, os consumos de água e energia foram avaliados a partir da execução das paredes, foco principal deste trabalho, para identificar possíveis etapas mais dispendiosas. A Figura 4 permite identificar que durante metade do mês de junho até metade do mês de novembro houve um aumento no consumo de energia,

período este que engloba o término da execução da parede da torre 1, execução da parede da torre 2 e serviços de acabamentos como, pintura interna, assentamento de revestimento em piso e parede, entre outros acabamentos que exigem um volume maior de efetivo para execução destas atividades. Percebe-se também pela Figura 5 que no período do mês de setembro a outubro houve um pico de consumo de água. Neste intervalo estavam em andamento as atividades de término da execução da parede da torre 2 e a execução de serviços de acabamentos como citados anteriormente.

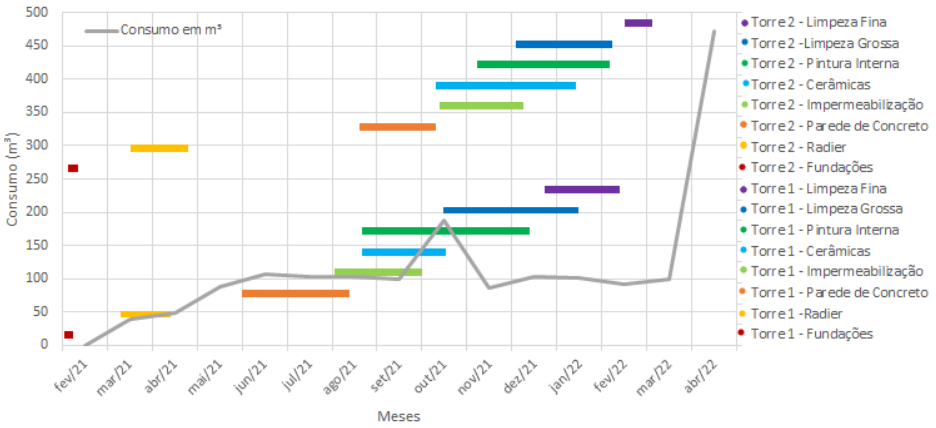
**Figura 4: Gráfico de consumo de energia (KW/h) - obra A**




Fonte: os autores.

O pico de consumo de água nas etapas finais de obra é comumente observado, associado ao processo de limpeza geral, portanto não relacionado especificamente às paredes, mas aos diversos serviços dessa fase. Entretanto, há um consumo significativo na execução da torre 1 que não se repete na realização das mesmas atividades na torre 2.

**Figura 5: Gráfico de consumo de água (m³) - obra A**




Fonte: os autores.

Os indicadores de consumo de água e energia – Tabela 2 – apresentaram valores que, quando comparados com os resultados da cidade de Passo Fundo/RS [8], estão próximos aos valores de obras comerciais em concreto armado para o indicador de consumo de energia. Na mesma comparação, para o indicador de consumo de água,

demonstra valores próximos de uma obra residencial em concreto armado de área construída semelhante. Em Campo Grande/MS ainda não existem apontamentos sobre consumos semelhantes na atualidade.

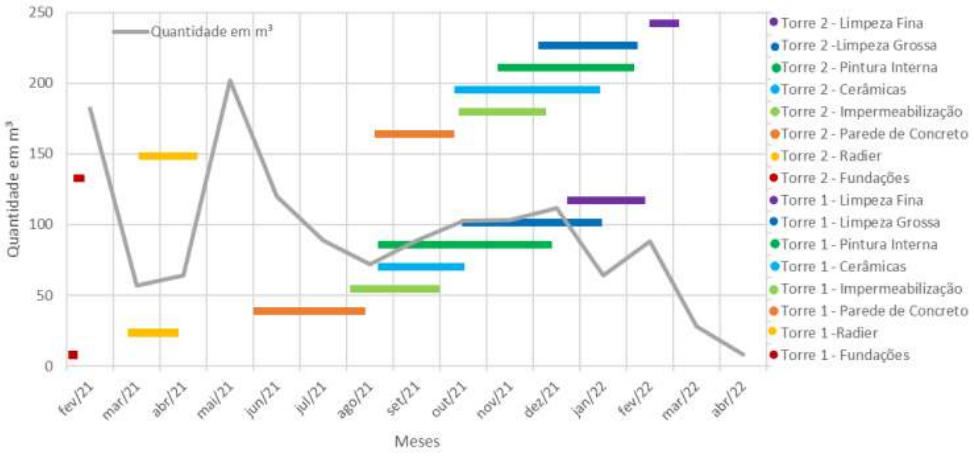
**Tabela 2: - Indicador consumo de energia (kWh/m²) e água (m³/m²)**

| Obra | Consumo total de energia (kWh) | Indicador (kWh/m²) | Consumo total de água (m³) | Indicador (m³/m²) |
|---|---|---|---|---|
| A | 15625 | 0,47 | 1723 | 0,24 |

Fonte: os autores.

Com relação aos valores de geração de resíduos, eles puderam ser classificados em A, B e C, com 80% de classificação A como resíduos comuns da construção civil, como solos, argamassas, concretos e cerâmicos, entre outros; 18% de classificação B - com predominância de plástico - ; e apenas 1,5% de resíduos industriais classe C. O período de fevereiro de 2021 correspondeu à geração de resíduo A em função da limpeza do terreno e demolição dos entulhos existentes no local. Por período, os resíduos classe B tiveram os maiores consumos em: junho de 2021 (madeira); setembro de 2021 (papelão e plástico); janeiro de 2022 (metal).

**Figura 6: Gráfico de quantidade de resíduos (m³) - obra A**




Fonte: os autores.

Analisando todos os dados é perceptível concluir que o aumento do consumo de energia acompanhou a execução de assentamento de peças cerâmicas e pintura interna, sendo que após o término desses serviços houve uma queda considerável. Já o consumo de água se manteve estável durante toda a obra, surgindo variações (picos) no início dos períodos de limpeza da obra.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo sendo um sistema construtivo indicado para replicação de muitas unidades, a empresa estudada segue um padrão produtivo tornando possível a reutilização das fôrmas para diversas obras com sutis diferenças e adaptações. O trabalho identificou

que mesmo contendo uma variação nas implantações e quantidade de unidades habitacionais, os índices de compacidade e consumo de concreto por unidade habitacional se mostram muito semelhantes nos três casos avaliados, já que as unidades habitacionais não variam nas suas áreas construídas.

O uso de paredes de concreto moldadas no local reflete em um menor tempo de execução nas obras verticais e, considerando as decisões de projeto, pode vir a representar menor custo com acabamento nos fechamentos. Por isso, o índice de compacidade pode ser uma ferramenta útil para otimizar circulações e diminuir custos gerais de obra. O aumento do índice de compacidade de um modo geral, pode ser obtido com mudanças nos projetos, com lajes de maiores, ou seja, mais unidades por pavimento ou ainda incrementando as áreas dos apartamentos.

Considerando a obra analisada em consumo, as etapas de concretagem e montagem de fôrmas, específicas do sistema construtivo, não representam grandes gastos com consumo de água, apenas energia elétrica, sendo este relacionado principalmente aos meses de utilização do elevador tipo cremalheira. O pico do aumento na geração de resíduos, se deve pela necessidade de limpeza do terreno que foi encontrado contaminado e coincide com a escavação da bacia de contenção hidráulica. Pela dinâmica da obra não foi possível associar o resíduo à elaboração das paredes, já que diversas fases aconteciam na elaboração das duas torres. Conforme acompanhamento, não ocorreu desperdício de concreto durante as concretagens e tampouco relatos de fôrmas abertas. Apesar disso, o consumo de concreto nas obras “B” e “C” por unidade é bem parecido, apesar da obra "C" ter mais unidades. Isso se deve por diferenças de detalhamentos nos projetos, tendo em vista que a obra “B” apresenta escadas monolíticas de concreto moldadas in loco junto com as paredes, já a obra “C” utiliza escadas de ardósia.

Aponta-se certa fragilidade quanto ao controle da obra em relação aos resíduos gerados durante o período de execução do empreendimento, pois apenas um profissional era encarregado de tal atividade em diversas obras concomitantemente. Indica-se que em obras em andamento e futuras, o relatório do descarte de resíduos seja gerado por membros da engenharia ou administrativo local para que se obtenha uma maior exatidão nestas informações.

Espera-se que essa abordagem correlacionando etapas de execução e consumos do canteiro de obras possa surtir efeitos no gerenciamento de ações que visem a produtividade e a sustentabilidade da construção. Ainda que esse trabalho contenha dados pontuais, é significativo que locais onde o mercado imobiliário esteja em produção crescente, tal como Campo Grande/MS, existam olhares para tornar a produção otimizada e eficiente nos seus diversos aspectos.

Em futuros trabalhos espera-se uma gama maior de empreendimentos estudados com intuito de correlacionar informações que identificam potencialidades e fragilidades para o método de parede de concreto.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à construtora que disponibilizou os dados para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

[1] OLIVEIRA, R. B. de; ALVES, C. dos R. Análise do desempenho térmico de habitação de interesse social com paredes de concreto em Uberlândia-MG. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 12, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.20396/parc.v12i00.8661094

[2] FARIA, R. Paredes maciças. **Revista Téchne**, e. 143. 2009.

[3] CHATURVEDI, S.; THAKKAR, J.J.; SHANKAR, R. Labor productivity in the construction industry: An evaluation framework for casual relationships. **Benchmarking: An International Journal**, v.25, n.1, p. 334-356, 2018.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055:** Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações - Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

[5] SANTOS , 2021. Paredes de concreto: o que muda com a revisão da norma técnica? Massa cinzenta, 2021.Disponivel em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/paredes-de-concreto-o-que-muda-com-a-revisao-da-norma-tecnica/> . Acesso em : 30/05/2022.

[6] BRAGA, N. K.. **Potencial de aquecimento global de paredes de concreto a partir da avaliação do ciclo de vida**. Dissertação (mestrado), Universidade de Brasília. Brasília, 2018. 136 p.

[7] CARDOSO, F. F.; ARAUJO, V. M. Redução de Impactos Ambientais do Canteiro de Obras. In: **PROJETO para Construção Habitacional Mais Sustentável**. São Paulo: Edusp, 2004.

[8] MARQUES, C. T.; GOMES, B. M. F.; BRANDLI, L. L. Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo 79 de caso do diagnóstico a ações visando à sustentabilidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 79-90, out./dez. 2017. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000400186

[9] UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL. Conselho da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. **Resolução 518/2021, de 29 de dezembro de 2021**. Dispõe sobre a aprovação de projeto de pesquisa científica. Campo Grande: Boletim Universitário, 2022.

[10] ROSSO, T. Aspectos geométricos do custo das edificações. Simpósio sobre barateamento da construção habitacional. **Anais…** Salvador, mar., 1978.

[11] ROCHA, S. J. J. Compacidade Urbana e arquitetônica como indicador de sustentabilidade. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 3., Porto Alegre. **Anais eletrônicos.** Porto Alegre: Edipucrs, 2014.

[12] POSTARY, R. Relação entre compacidade do projeto e consumo de materiais em EHIS. In: In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 2015, Viçosa-MG. **Anais...** Viçosa-MG: UFV, 2015.