

Desenvolvimento e avaliação de um aplicativo para aprimorar o PCP em canteiros de obras: um instrumento orientado pela abordagem lean

Development and Evaluation of an Application to Enhance Production Control in Construction Sites: A Lean-Oriented Approach

Desarrollo y evaluación de una aplicación para mejorar la planificación y control de obras: una herramienta con enfoque lean

Resumo

Nos últimos anos, a indústria da construção civil tem demonstrado mudanças na sua conjuntura gerencial, de modo que novas técnicas de gestão, de planejamento e inovações tecnológicas ganharam forças. Nos dias atuais identificam-se novas filosofias sendo incluídas em apoio ao PCP (planejamento e controle da produção), como a *Construção Enxuta*, e principalmente ferramentas de caráter tecnológico, como *softwares* para planejamento, modelagem e aplicativos interativos para acompanhamento de obras. Sabendo disso, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma aplicação móvel para auxiliar o PCP e atender os princípios do *Lean Construction*. A abordagem de pesquisa foi qualitativa, adotando-se, como estratégia, o *Design Science Research*. Ainda, uma pesquisa foi realizada com profissionais da construção civil para se analisar sua percepção sobre a viabilidade desses aplicativos em gestão de obras. Como resultados, um aplicativo final, aqui chamado de *Smart Obra*, foi desenvolvido, considerando-se, em suas funcionalidades básicas, o controle de produção e a gestão de informações da obra. Por fim, uma análise comparativa com os princípios da Construção Enxuta mostrou que o uso da tecnologia atende aos 11 princípios *Lean* e que, a partir de aplicações futuras, poderá se tornar uma ferramenta de apoio ao gerenciamento da obra.

Palavras-chave: PCP; construção enxuta; aplicativo; gestão da construção.


Abstract

In recent years, the civil construction industry has shown changes in its managerial situation; in this way, new management techniques, planning, and technological innovations have gained strength. Nowadays, the latest philosophies are identified and included in support of the PPC (Production Planning and Control), such as Lean Construction, and mainly technological tools, such as software for planning, modeling, and interactive applications for monitoring Works. Knowing this, we aimed to develop a mobile application to assist the PPC and meet the principles of Lean Construction. The research approach was qualitative, adopting Design Science Research as a strategy. Also, a survey was carried out with civil construction professionals to analyze their perception of the feasibility of these applications in construction management. As a result, a final application, here called Smart Work, was developed, considering, in its central functionalities, the production control and information management of the work. Finally, a comparative analysis with the lean construction principles showed that the technology used meets the eleven Lean principles and, based on future applications, could become a tool to support work management.


Keywords: PCP; lean construction; application; construction management

Resumen

En los últimos años, la industria de la construcción civil viene demostrando cambios en su coyuntura gerencial, de modo que nuevas técnicas de gestión, de planificación

Karolina Tavares Pereira 
Faculdade CISNE
karolinatavaresp@gmail.com

Daniele Aparecida Monteiro Ismael 
IFCE – Campus Quixadá
danielemismael@gmail.com

Paulo Rogério Freitas de Matos 
IFCE – Campus Quixadá
paulomatosde@gmail.com

e inovações tecnológicas ganharam forças. En la actualidad se identifican nuevas filosofías siendo incluidas en apoyo al PCP (Planificación y Control de Producción), como la Construcción Ajustada, y principalmente herramientas de carácter tecnológico, como softwares para planificación, modelaje y aplicaciones interactivas para acompañamiento de obras. Sabiendo de esto, este trabajo tuvo como objetivo desarrollar una aplicación móvil para auxiliar el PCP y atender a los principios del Lean Construction. El enfoque de investigación fue cualitativo, adoptando, como estrategia, el Design Science Research. Aún, fue realizada una investigación con profesionales de la construcción civil para analizar su percepción sobre la viabilidad de estas aplicaciones en gestión de obras. Como resultados, una aplicación final, llamada Smart Obra, fue desarrollada, considerando, en sus funcionalidades básicas, el control de producción y la gestión de informaciones de la obra. Por fin, un análisis comparativo con los principios de la construcción ajustada enseñó que el uso de la tecnología atiende a los 11 principios Lean y, a partir de futuras aplicaciones, podrá tornarse una herramienta de apoyo al gerenciamiento de la obra.

Palabras clave: PCP; construcción ajustada; aplicación; gestión de la construcción.

1 Introdução

A indústria da construção civil (ICC) apresenta-se como uma das maiores atividades produtivas da atualidade, embora sofra grandes impactos com a variação da economia. O diferencial das empresas que atuam nesse ramo tem sido direcionado às práticas de gestão e planejamento e controle da produção (GONÇALES FILHO; CAMPOS; ASSUMPÇÃO, 2016; FORMOSO *et al.*, 2001; MOURA; FORMOSO, 2009), além do uso de inovações tecnológicas (GOMES, 2011, MARQUES, 2010, UCHOA *et al.*, 2018) para a redução de perdas e atendimento às necessidades dos clientes.

Da parte de gestão, têm-se estudado soluções procedentes da manufatura enxuta (*Lean Production*) e do Sistema Toyota de Produção (STP), que, ao longo dos anos 90, foram disseminadas para a ICC, por meio da construção enxuta (*Lean Construction*) (KOSKELA, 1992). Desde então, academia e empresas têm buscado interpretar e aplicar esses conceitos na construção civil, adaptando os 11 princípios heurísticos dessa filosofia à realidade do setor, buscando-se não só otimização do fluxo de processos (KOSKELA, 1992), mas também aplicações ligadas ao uso de tecnologias.

Além disso, algumas organizações entenderam a necessidade de se trabalhar melhorias no planejamento e controle da produção (PCP), conforme abordam alguns estudos como Alves (2000), Bernardes (2001), Lustosa (2008) e Matos (2009). Segundo esses autores, a eficácia do PCP tem grande relação com mudanças culturais nos níveis hierárquicos de gestão das empresas e apresenta bons resultados quando relacionado à filosofia *Lean*, podendo-se exemplificar com as aplicações do Sistema *Last Panner* (LPS) (ALVES; PIO, 2016, BALLARD, 2000, FORMOSO *et al.*, 2001, LIMA *et al.*, 2009, MOURA; FORMOSO, 2009, MOURA; HEINECK, 2014).

Ao longo das últimas décadas, a ICC demonstrou, ainda, uma gradual necessidade de aplicar novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) (SILVA *et al.*, 2021), que visam otimizar etapas através do acesso a informações em tempo real, assim aumentando a produtividade em escritórios e canteiros de obras. Além disso, no ano de 2020, a economia mundial foi impactada pela pandemia de covid-19, logo, o acelerado ritmo de contaminação desta doença nos submeteu ao distanciamento social, o que propulsionou o regime de teletrabalho. Diante desse cenário, muitos profissionais e empresas que se viam distante desta realidade, tiveram que adaptar-se às tecnologias digitais para conseguir trabalhar através de reuniões por plataformas e alinhar-se à nova rotina de comunicação e colaboração (SALGADO *et al.*, 2020).

Concomitante a isso, Silva *et al.* (2021) ainda afirmam que “a utilização de TICs passa a ser ainda mais relevante dentro do cenário recente de pandemia, uma vez que atividades que dependem exclusivamente de ações humanas são realizadas constantemente em regime reduzido, o que impulsiona ainda mais as discussões sobre as inovações tecnológicas no setor”.

Mesmo com essas inovações em evolução (i.e. *Lean Construction*, LPS, TICs), a ICC ainda sofre com diversos fatores que influenciam diretamente os custos e os prazos de execução das obras. Muianga *et al.* (2015) afirmam que os atrasos relacionados a deficiências de gerenciamento (gestão, planejamento, cronograma e recursos de materiais do empreendimento) são os mais recorrentes. Nesse contexto, a inserção de inovações tecnológicas vem sendo proposta como alternativa de apoio à melhoria de gestão da construção civil. Pode-se dizer que o uso de tecnologias proporciona meios para otimizar tempo e serviço, possibilitando soluções que substituem ferramentas manuais tradicionais dessa indústria (ARO; AMORIM, 2004).

No entanto, de acordo com Aro e Amorim (2004), “o setor da construção tem como peculiaridade a resistência dos profissionais envolvidos em assumir os riscos da incerteza em mudar o seu *status quo*”. Em decorrência disso, percebe-se uma lenta evolução do uso de tecnologias nessa indústria de modo geral, além de outras adversidades específicas como: falhas de comunicação, desperdícios (tempo, material, outros), falta de transparência nas informações e custos desnecessários (GONÇALES FILHO; CAMPOS; ASSUMPÇÃO, 2016; FORMOSO *et al.*, 2001; MUIANGA *et al.*, 2015). De acordo com Silva, Kovaleski e Pagani (2019), o crescimento da produtividade que é tão esperado dentro dos canteiros de obras, só procederá quando práticas artesanais forem abonadas e tecnologias padronizadas e gerenciáveis forem adotadas.

Com isso, algumas soluções tecnológicas como plataformas, sistemas e aplicativos têm sido utilizadas com a finalidade de tornar o gerenciamento e monitoramento mais práticos e assertivos (GARRIDO, 2015, REHFELDT *et al.*, 2015, UCHOA *et al.*, 2018). Contudo, percebe-se que nem sempre tais tecnologias são facilmente aplicáveis devido a: altos custos, necessidade de capacitação da equipe e pouca usabilidade dentro do canteiro de obras (UCHOA *et al.*, 2018).

É válido salientar que a implementação de novas tecnologias está sujeita a um estudo de custo/benefício econômico que considera não só os aspectos financeiros, mas também ergonômicos, sociais, disponibilidade, adequabilidade, funcionalidade, etc. Entretanto, o impacto das inovações tecnológicas na prestação de serviços da construção civil deve ocasionar uma mudança na mentalidade do médio trabalhador do setor (SILVA JUNIOR; SANTOS; SANTOS, 2020).

A partir desse contexto, a fim de impulsionar o uso e implantação especificamente de tecnologias móveis na construção civil, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma aplicação móvel de fácil acesso para auxiliar no gerenciamento de obras. Como objetivos específicos pretendeu-se:

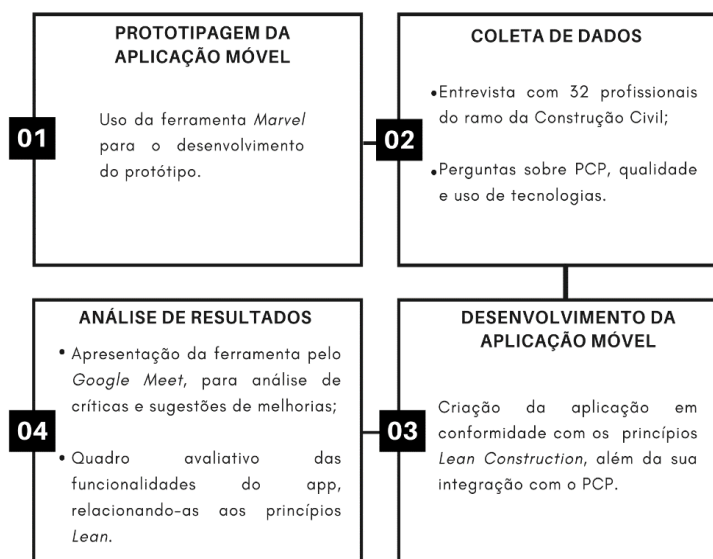
- a) Realizar uma pesquisa com uma amostra de profissionais do setor da construção civil sobre PCP e o uso de tecnologias;
- b) Elaborar um protótipo de aplicação móvel para verificar aspectos de sua funcionalidade;
- c) Desenvolver um aplicativo definitivo, considerando-se pressupostos da construção enxuta e do PCP.

2 Metodologia

O presente trabalho consistiu em uma pesquisa qualitativa, na qual se buscou compreender aspectos relacionados a um fenômeno (RICHARDSON, 2012), no caso, o uso de aplicativos móveis no processo de gestão da construção. Como o uso dessas tecnologias móveis neste setor apresenta-se em constante evolução, a pesquisa foi classificada também como exploratória (COLLIS; HUSSEY, 2005).

O delineamento da pesquisa e etapas são apresentados pela Fig. 1 e descritos em seguida.

Figura 1 – Delineamento da Pesquisa



Fonte: Próprios autores.

A seguir, cada um dos passos apresentados será detalhado em subtópicos.

2.1 Prototipagem da aplicação móvel

A fim de dar início ao processo de desenvolvimento da aplicação, criou-se um protótipo do aplicativo, com o apoio de um profissional habilitado e da ferramenta *Marvel*. O protótipo permitiu uma avaliação prévia sobre a implementação de determinadas funcionalidades dentro da aplicação futura.

2.2 Coleta de dados

Nessa etapa, realizou-se uma pesquisa, por meio de um formulário semiestruturado de perguntas (*Google Forms*), direcionada aos profissionais da engenharia/construção civil, a fim de se obter informações preliminares sobre planejamento, gestão da qualidade e o uso de tecnologias/aplicativos móveis voltadas ao gerenciamento de obras.

Nessa etapa, selecionaram-se profissionais técnicos da região do Sertão Central e da cidade de Fortaleza, no estado do Ceará. Não foi estabelecido critério de cargo ou experiência profissional, de modo a reunir diferentes perceptivas, fazendo-se o uso de amostragem por acessibilidade ou conveniência (GIL, 2008). Ressalta-se que as 32 entrevistas realizadas incluíram apenas profissionais das categorias: Engenheiros civis, Arquitetos e Técnicos em Edificações. Em seguida uma análise de conteúdo foi realizada para interpretar e estruturar a compreensão das informações (RICHARDSON, 2012).

2.3 Desenvolvimento da aplicação móvel

A aplicação final foi desenvolvida de forma a atender aos princípios da Construção Enxuta e contribuir com o PCP; buscando-se incrementar com as informações da pesquisa realizada na etapa de entrevistas com profissionais.

A fim de se obter um resultado técnico satisfatório, foram empregadas tecnologias para desenvolvimento de *softwares* atuais e consolidadas, sendo o *JavaScript* a principal linguagem de programação utilizada. A ferramenta *React Native*, versão 0.63.4, foi utilizada para a construção da aplicação móvel e a ferramenta *NodeJS*, versão 14.16.1, para a construção do servidor de dados. A aplicação móvel levou cerca de seis meses para ser desenvolvida, desde seu estágio de protótipo até a versão final, sendo concluída em junho de 2021. Destaca-se que, para o desenvolvimento da aplicação final, houve o apoio técnico de dois profissionais devidamente capacitados na área de desenvolvimento de *software*.

2.4 Análise de resultados e validação

Após o desenvolvimento do aplicativo, a última etapa consistiu na apresentação da ferramenta, intitulada *Smart Obra*, para uma amostra de profissionais da construção civil, buscando-se uma avaliação de suas funcionalidades e validação para testes futuros. Para tal, selecionaram-se três profissionais dentre aqueles que haviam participado das entrevistas durante a etapa de coleta de dados, sendo dois engenheiros civis e um técnico em edificações. A escolha desses avaliadores foi feita de acordo com os critérios: (a) conveniência e disponibilidade dos mesmos e (b) representatividade das regiões de estudo (sendo dois profissionais atuantes na cidade de Fortaleza e o terceiro da região do Sertão Central). A apresentação do aplicativo ocorreu de modo remoto (*Google Meet*) e teve duração de 30 minutos. Ao final, cada avaliador teve permissão para opinar sobre a ferramenta e sugerir possíveis melhorias que serão consideradas no desenvolvimento das suas próximas atualizações.

Ainda nesta etapa de validação, desenvolveu-se um quadro avaliativo das funcionalidades do aplicativo *Smart Obra* para relacioná-las com os conceitos da Construção Enxuta. O objetivo foi mostrar que a aplicação atende a esses princípios básicos e poderá contribuir com o aprimoramento do PCP das empresas.

3 Resultados e discussão

Nesta seção, apresentam-se os resultados da pesquisa, divididos em cinco subitens: i) análise da percepção de profissionais da área; ii) apresentação do protótipo desenvolvido; iii) desenvolvimento e apresentação da aplicação final; iv) opinião dos profissionais sobre o aplicativo desenvolvido; v) análise comparativa *Smart Obra x Lean*.

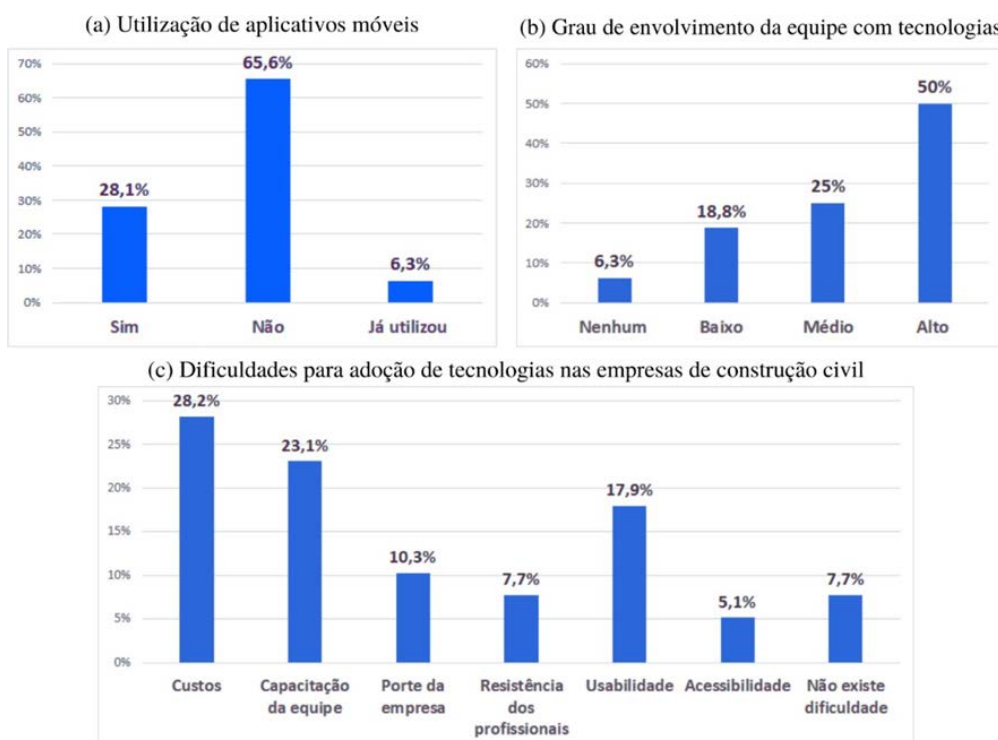
3.1 Análise da percepção de profissionais da área

A apresentação dos resultados obtidos acerca da percepção de profissionais da área da construção civil ocorreu de acordo com as seções do formulário de perguntas aplicado ao grupo de entrevistados; planejamento e controle da produção, gerenciamento de obras, organização e qualidade e tecnologias digitais para gerenciamento de obras. Assim, por uma questão de brevidade, apresenta-se apenas uma dessas seções de análise no subitem que segue.

3.1.1 Tecnologias digitais para gerenciamento de obras

Nesta seção, os profissionais arbitraram sobre o uso de tecnologias digitais (móveis) para gerenciamento de obras. Dessa forma, no gráfico da Fig. 2 (a), os profissionais responderam sobre a utilização de aplicativos móveis específicos para gerenciamento de obras. Dentre os entrevistados, percebeu-se que a maioria (65,6%) não faz o uso de nenhuma aplicação móvel para tal finalidade. Em contrapartida, 28,1% afirmou utilizar e 6,3% afirmou já ter utilizado.

Figura 2 – Respostas sobre utilização de aplicações móveis na obra



Fonte: Próprios autores, com base nas respostas dos entrevistados.

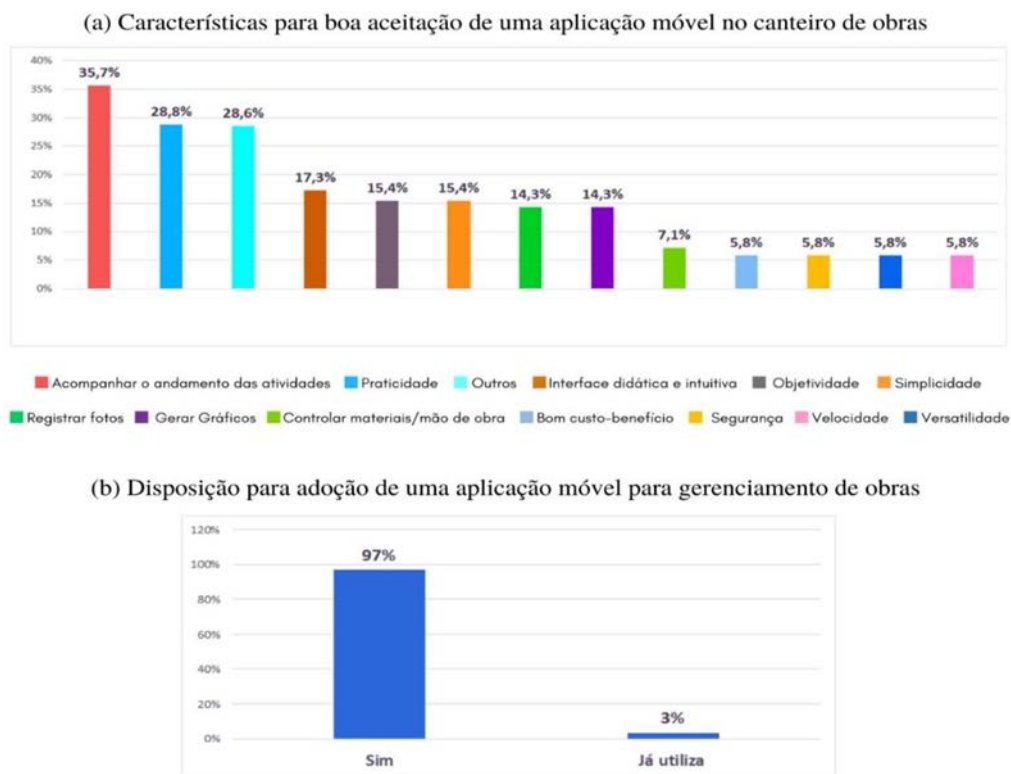
Ainda sobre o uso de tecnologias e dispositivos móveis, o gráfico da Fig. 2 (b) apresenta o grau de envolvimento da equipe de obra dos entrevistados com tecnologias móveis (como *smartphones*, *tablets*, *WhatsApp*, entre outras). A saber, metade dos entrevistados (50%) alega um alto envolvimento, seguido de um envolvimento médio por parte de 25% dos profissionais. Apenas 6,3% alegaram nenhum envolvimento com tecnologias e apenas 18,8% afirmaram que a equipe possui um baixo envolvimento.

A fim de compreender mais sobre os entraves para a adoção de tecnologias digitais nas empresas, os entrevistados opinaram sobre dificuldades para essa utilização, como expõe o gráfico da Fig. 2 (c). Majoritariamente, apontou-se o fator *custos* (28,2%), seguido da *necessidade de capacitação da equipe* (23,1%), que somadas, ultrapassam a metade das respostas. Sobre este ponto, o E19 declarou que: “[...] ainda há uma crença de que se trata de custo e não de investimento. Dessa forma, não conseguimos viabilizar a aquisição”. O mesmo também afirmou que essa mentalidade faz parte da cultura dos donos da empresa.

O terceiro maior obstáculo encontrado nas respostas foi a questão da *usabilidade* (17,9%), que representa a facilidade de manuseio, além disso outro fator determinante foi o *porte da empresa* (10,3%). Alguns entrevistados afirmaram que, para empresas de pequeno porte, o uso de tecnologias seria desnecessário, pois a demanda era baixa e tenderia a ser oneroso, já para empresas de grande porte foi citado pelo E23 que: “o volume de informações em uma só rede e o grande número de colaboradores envolvidos” se tornaria uma dificuldade.

Buscou-se compreender, também, como uma aplicação móvel poderia ser bem aceita no canteiro de obras, solicitou-se que os entrevistados opinassem e comentassem quais características consideravam mais importantes. As repostas dos entrevistados foram agrupadas no gráfico da Fig. 3 (a), e que, dentre elas, apontaram-se funcionalidades e questões de usabilidade. As três principais funcionalidades citadas foram: *acompanhar o andamento das atividades* (35,7%), *registrar fotos* (15,4%) e *gerar gráficos* (14,3%). Em se tratando de usabilidade, os entrevistados consideraram importante que o aplicativo trouxesse *praticidade* (28,8%) e uma *interface didática e intuitiva* (17,3%) e uma *interface didática e intuitiva* (17,3%). Características como *objetividade* (15,4%) e *simplicidade* (15,4%), também foram bastante presentes nas respostas.

Figura 3¹ - Respostas sobre aceitação de uma aplicação móveis no canteiro de obras



Fonte: Próprios autores, com base nas respostas dos entrevistados.

Por fim, foi questionado se os profissionais estariam dispostos a adotar algum aplicativo móvel para gerenciamento de obras. Como apresenta a Fig. 3 (b), percebe-se que a maioria dos entrevistados (97%) adotaria a tecnologia em sua empresa, apesar dos diversos entraves citados anteriormente, como mostrou a Fig. 2 (c).

¹ No gráfico da Fig.3 (a) a categoria “outros” agrupa as respostas que foram citadas apenas uma vez, a saber: conectividade com outras plataformas, mostrar margens de erro, acesso *offline* e coleta de dados.

3.2 Apresentação do protótipo desenvolvido (Smart Obra)

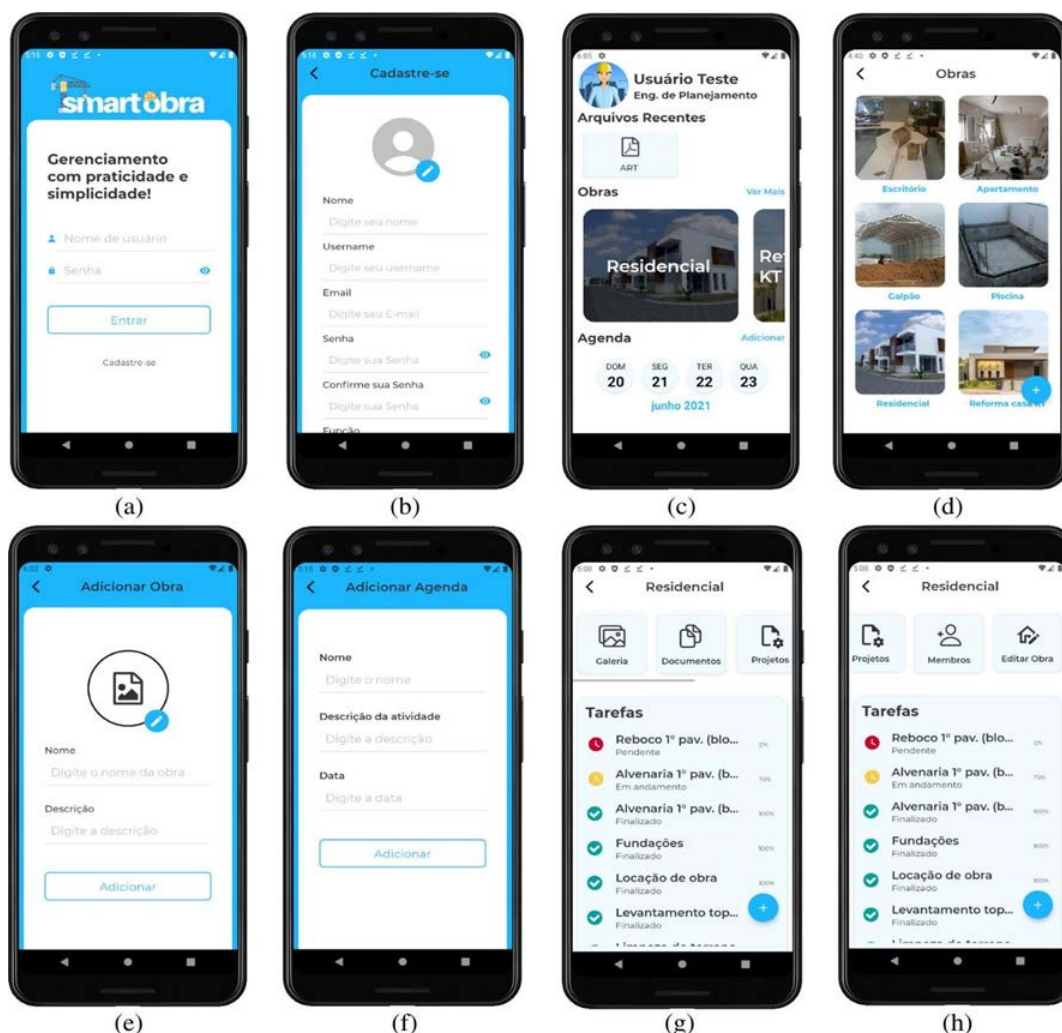
Baseando-se nos processos metodológicos descritos na seção 3, foi desenvolvido inicialmente um protótipo com representações das interfaces principais do mesmo (telas de *login*, *home* e de detalhes de uma obra modelo) da aplicação móvel, aqui chamado de *Smart Obra*. Para sua visualização, deve-se consultar o trabalho de Pereira, Silva e Matos (2020).

3.3 Apresentação da alicação final (Smart Obra)

Esta seção trata sobre as funcionalidades desenvolvidas para o aplicativo *Smart Obra* com a apresentação das suas respectivas telas. Vale salientar que foi criado um usuário teste com informações fictícias para auxiliar esta apresentação e facilitar o entendimento.

Na Fig. 4, apresentam-se as telas referentes ao fluxo de autenticação, perfil de usuário, tela Home e suas funcionalidades. Na Fig. 4 (a), tem-se a tela de “Login”, a qual permitirá que o usuário tenha acesso à sua respectiva conta através da inserção do nome de usuário e senha.

Figura 4 – Telas de aplicação



Fonte: Próprios autores.

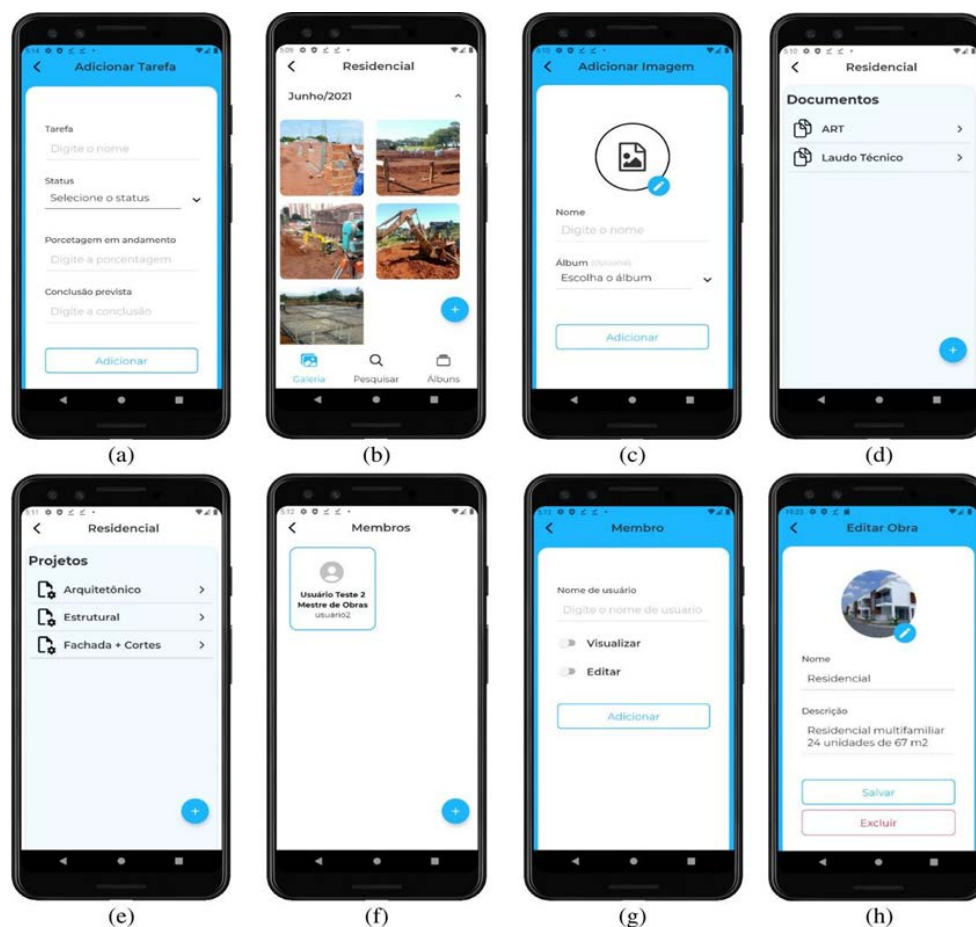
A fim de permitir a criação de novas contas, através de acesso pela opção “Cadastre-se”, na tela de “Login”, tem-se a tela apresentada na Fig. 4 (b). O formulário de criação de novos perfis de usuários consiste na inserção dos seguintes dados cadastrais: “Foto de perfil”, “Nome”, “Nome de usuário”, “E-mail”, “Senha” e “Função”. Ressalta-se que o campo “Função” consiste em uma lista predefinida com as seguintes opções: Diretor(a), Gerente, Engenheiro(a) da Obra, Engenheiro(a) de Planejamento, Arquiteto(a), Técnico(a) em edificações,

Encarregado(a) e Mestre de Obras. Após o usuário autenticar-se na aplicação, o mesmo será redirecionado para a tela “Home”, apresentada na Fig. 4 (c). Nesta tela, serão apresentadas as seguintes informações: “Nome”, “Imagem de perfil e Função do usuário”, onde o usuário poderá teclar em cima e alterar seus dados cadastrais se preciso, “Arquivos abertos recentemente”, “Últimas obras adicionadas ou modificadas” e “Agenda”.

Ainda na tela “Home”, o usuário poderá clicar no botão “Ver mais”, ao lado do título “Obras” e ser redirecionado para a tela “Obras”, apresentada na Fig. 4 (d). Nesta tela, o usuário, poderá visualizar uma lista com suas obras cadastradas e um ícone “+”, onde será redirecionado para a tela “Adicionar obra” (Fig. 4.e) e, após inserir as informações de “Imagem”, “Nome e descrição da obra”, conseguirá cadastrar a referida obra em sua conta. Também na tela “Home”, o usuário conseguirá adicionar eventos importantes em sua respectiva agenda, através de um clique no ícone “Adicionar”, ao lado do título “Agenda”, ação que o redirecionará para a tela “Adicionar Agenda” (Fig. 4.f). Os eventos da agenda apresentarão as seguintes informações: “Nome”, “Descrição da atividade” e “Data”.

Com a obra criada, o usuário é capaz de, a partir da tela “Home” (Fig. 4.c), acessar os detalhes das mesmas, clicando no nome da obra desejada. Tais detalhes são exibidos nas telas apresentadas nas Fig. 4 (g) e Fig. 4 (h), nas quais é possível ver o nome da obra, uma lista de tarefas de ícones referentes a: “Galeria de imagens da obra”, “Documentos da obra”, “Projetos da obras”, “Membros da obra” e “Editar obra”. No canto inferior direito (sinal de +), referente a adicionar tarefas na lista, e ao clicar, o usuário será redirecionado para a tela “Adicionar tarefa”, conforme Fig. 5 (a). Para que os usuários tenham mais controle dessas tarefas, o formulário de criação consiste em um nome para a tarefa, um *status* de andamento (“Pendente”, “Em andamento”, “Finalizada”), uma porcentagem de andamento e uma data de conclusão prevista. Todas essas informações poderão ser atualizadas constantemente pelos usuários que possuem acesso e permissão para edição da obra em questão, facilitando o acompanhamento e gerenciamento da mesma.

Figura 5 – Telas de aplicação (continuação)



Fonte: Próprios autores.

A partir da tela de detalhes de uma obra, o usuário, ao clicar em “Galeria”, será redirecionado para a tela apresentada na Fig. 5 (b), a qual contém todas as fotos da obra, agrupadas em listas mensais. Desta forma, promove-se uma maior organização dos dados, bem como facilita-se o acesso a uma imagem ou ao período em que a mesma foi salva. Caso o usuário clique em uma imagem, a mesma será expandida, para que se possa visualizá-la com mais detalhes.

Para que uma imagem possa ser adicionada à galeria da obra, basta que o usuário clique no botão localizado no canto inferior direito (sinal de +) da tela de galeria (Fig. 5.b). Através dessa ação, a tela “Adicionar imagem”, na Fig. 5 (c), será exibida, apresentando as informações “Imagem”, “Nome” e “Álbum” (opcional). O aplicativo permite a captura de imagens através da câmera ou inserir diretamente da galeria do celular do usuário. Ressalta-se que as imagens também podem ser agrupadas em álbuns, os quais poderão ser criados pelos próprios usuários, possibilitando aos mesmos uma maneira de organizarem suas imagens conforme desejarem.

Já os documentos e os projetos de uma obra serão exibidos em lista, nas telas “Documentos” (Fig. 5.d) e “Projetos” (Fig. 5.e), respectivamente. Ambas as telas são acessadas através da tela de detalhes de uma obra (Fig. 4.g). Ao clicar tanto em um documento como em um projeto, o arquivo será aberto em formato .pdf. Para que um usuário consiga adicionar documentos e/ou projetos em uma obra, basta teclar no ícone “+”, posicionado no canto inferior direito, e fornecer o arquivo, enviado dos documentos do *smartphone*, e um nome.

O ícone “Membros”, presente na tela de detalhes de uma obra (Fig. 4.h) redirecionará o usuário para a tela de membros de uma obra, ilustrada na Fig. 5 (f). Essa tela apresentará pequenos cartões, cada um contendo as informações básicas dos usuários que possuem acesso à obra em questão. Os membros poderão ser adicionados através do ícone “+” e o usuário poderá inseri-lo através do seu nome de usuário, que lhe concederá as permissões necessárias, conforme a Fig. 5 (g). Por fim, ainda na tela de detalhes (Fig. 4.h), têm-se a opção de “Editar obra”, onde será possível alterar os dados da obra cadastrada, de acordo com a Fig. 5 (h).

3.4 Opinião de profissionais sobre o aplicativo desenvolvido

A partir do aplicativo desenvolvido, uma demonstração para um grupo de profissionais da construção civil permitiu que se observasse as opiniões técnicas de cada um deles sobre o uso, funcionalidades e operabilidade do *Smart Obra*. A Tab. 1 sintetiza as colaborações dos avaliadores, que serão utilizadas como pré-requisitos para as futuras atualizações da ferramenta.

Tabela 1 – Contribuições dos avaliadores para o aplicativo *Smart Obra*

Formação profissional	Críticas	Sugestões para melhoria
Técnico em Edificações	Lista de atividades muito genérica	Criar uma lista de atividades predefinida (similar ao orçamento).
		Permitir que o usuário crie listas de atividades semanais (planejamento de curto prazo) e possa visualizá-las de forma mais detalhada, em uma tela específica.
	Deficiência na segurança dos dados registrados	Liberar um código de autenticação para o usuário com um prazo para se cadastrar no aplicativo.
		Deixar funções limitadas para alguns membros.
		Criar ícone de confirmação para algumas ações.
		Criar histórico de edições para que seja possível ter um controle de registro de operação, permitindo visualizar seus responsáveis.
	Criar notificações de autorização para edição dos dados de determinada obra.	
	Focar na melhoria das funções já existentes de acompanhamento da obra.	
Engenheira Civil	Lista de atividades genérica	Integrar do aplicativo com outros <i>softwares</i> de planejamento para facilitar o registro dos dados, como a lista de atividade.
	Data das imagens da galeria inflexível	Permitir ao usuário modificar a data das imagens.
	Indisponibilidade de versão para <i>desktop</i>	Disponibilizar uma versão em <i>desktop</i> para facilitar o registro de informações, documentos e dados.

Engenheiro Civil	Atenção à finalidade do aplicativo (Nicho)	Empregar o aplicativo em obras de pequeno porte poderá ser mais eficiente e operacional.
		Empregar o aplicativo em obras de grande porte como uma “ferramenta de bolso” específica para resolver problemas reais do dia a dia da obra ou ações específicas (gestão da qualidade, controle de produção, etc.).
	Integração com outros sistemas	Possivelmente, a utilização do aplicativo integrado com sistemas existentes poderá ser algo redundante pela quantidade de informações.
	Falta de uma extensão estratégica (para diretoria)	Adicionar o planejamento estratégico, no qual a lista de atividades passaria a ser algo como: reuniões gerenciais, pedidos estratégicos, contratos, etc.

Fonte: Próprios autores, com base nas contribuições dos profissionais.

Com a Tab.1 observou-se que o aplicativo teve uma aceitação bastante satisfatória, com grande possibilidade de crescimento e visibilidade, o que é algo bastante procurado pelas empresas. No geral, os profissionais concordaram entre si com a validação do aplicativo e demonstraram interesse nos resultados que o mesmo poderá obter em aplicações futuras, considerando-se as melhorias aqui sugeridas.

3.5 Análise comparativa Smart Obra x Lean Construction

A fim de destacar como a aplicação proposta atende aos princípios da Construção Enxuta, a Tab. 2 apresenta uma análise comparativa entre as funcionalidades do *Smart Obra* com a definição desses princípios.

Tabela 2 – Análise comparativa *Smart Obra* x *Lean Construction*

Princípios	Aplicação na construção civil	Aplicação móvel (<i>Smart Obra</i>)
1. Reduzir atividades que não agregam valor	A efetividade dos processos produtivos pode ser aperfeiçoada e as perdas reduzidas não só através da melhoria da eficiência das atividades de conversão e de fluxo, mas também pela eliminação de algumas atividades (FORMOSO, 2002).	Redução da espera e aumento do fluxo de informações através das funcionalidades (lista de atividades, compartilhamento em tempo real), gerenciando-as de modo a eliminar algumas atividades de fluxo.
2. Criar valor ao produto através da consideração da necessidade dos clientes	Princípio relacionado aos processos, como geradores de valor, também está diretamente ligado à satisfação do cliente, logo um processo gera valor quando as atividades de processamento resultam em produtos exigidos pelos clientes (KOSKELA, 1992, ISATTO <i>et al.</i> , 2000).	A aplicação móvel em si é um diferencial tecnológico para a empresa, e em novas atualizações, o cliente também poderá ser usuário e visualizar o andamento da obra.
3. Reduzir a variabilidade	A variabilidade e incerteza tendem a ser eminentes, em razão do caráter único e das condições locais que configuram a construção civil (FORMOSO, 2002).	A aprendizagem e o banco de dados gerado pelo aplicativo poderão ser utilizados para reduzir a variabilidade, uma vez que a empresa poderá gerenciar obras de tamanhos e portes parecidos.
4. Reduzir o tempo de ciclo	A redução do tempo de ciclo pode ser obtida pela redução de algumas atividades que não agregam valor. (KOSKELA, 1992, BERNARDES, 2001).	A atenção aos prazos e ao cronograma poderá ser auxiliada pelo acompanhamento físico (percentual) e fotográfico das atividades no aplicativo, detectando possíveis atrasos e atividades que não agregam valor.
5. Simplificação pela minimização dos passos	A simplificação pode ser feita em duas vertentes: eliminando as tarefas que não agregam valor e reajustando os passos ou partes das atividades que agregam valor (NUNES, 2010).	A utilização do aplicativo em si já é uma maneira de simplificar o processo de controle da produção, pois permite trocar informações, reajustar atividades e monitorar etapas em tempo real.
6. Aumentar a flexibilidade na execução do produto	A capacidade de alterar o produto final mantendo o mesmo custo, conforme solicitações do cliente (SLACK <i>et al.</i> , 1997).	Combinar o uso de tecnologias móveis ao controle de produção pode dar celeridade à execução da obra e trazer <i>feedbacks</i> rápidos para gestores e clientes (troca de informações).
7. Aumentar a transparência do processo	Visa contribuir para a diminuição da ocorrência de erros na produção, facilitando a compreensão por parte das equipes (ISATTO <i>et al.</i> , 2000).	A aplicação móvel torna as informações mais acessíveis e aumenta o envolvimento da equipe, uma vez que a comunicação também passa a ser virtual.

Fonte: Próprio autor.

Tabela 2 (Continuação) – Análise comparativa *Smart Obra* x *Lean Construction*

8. Focar o controle no processo global	O controle de todo o processo permite que possíveis desvios no prazo da obra possam ser identificados e corrigidos. É importante que haja a integração entre os diferentes níveis de planejamento (BERNARDES, 2001).	A aplicação viabiliza o controle da obra e ainda permite que diversos membros possam colaborar no processo de monitoramento e controle.
9. Introduzir melhoria contínua no processo	A melhoria contínua pode ser alcançada na medida em que os demais princípios se cumprem (KOSKELA, 1992, POZZEBON; FREITAS, 1997).	A utilização de tecnologias já é considerada uma melhoria potencial por diversos estudos. O uso de aplicativos traz benefícios tanto em controle de produção como gerenciamento de informações.
10. Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões	Melhorias de fluxo impactam em processos mais complexos de maneira ampla, enquanto melhorias no processo (conversão) apresentam mais vantagem quando existem perdas próprias à tecnologia utilizada (ISATTO <i>et al.</i> , 2000).	O aplicativo também pode ser utilizado para o estudo de progresso de atividades (imagens, avanço físico, etc.). Tais funções trazem <i>insights</i> para melhorias de fluxo e de conversão.
11. <i>Benchmarking</i>	Consiste em analisar e desenvolver os processos procurando as melhores práticas do mercado (ISATTO <i>et al.</i> , 2000).	A implementação do aplicativo atenderia a esse princípio, pois a inserção de tecnologias nas obras é considerada uma prática diferencial.

Fonte: Próprio autor.

4 Conclusão

A utilização de inovações tecnológicas, associadas às ferramentas de gestão existentes, mostra uma necessidade nos dias atuais, pensando em melhor produtividade nas obras, assim como reduzir desperdícios de tempo e custo nesse setor. Com isso, este trabalho contribuiu com a apresentação de um aplicativo que auxiliará o PCP, principalmente em atividades diárias da obra, buscando, também, uma aceitação em um meio conservador, que ainda é resistente a tecnologias. A pesquisa realizada com os 32 profissionais da construção civil mostrou que ainda existem deficiências inerentes ao setor, tais como planejamento fragmentado, utilização de ferramentas aleatórias e manuais para o controle de produção e pouca imersão de tecnologias ou aplicativos no seu processo de gestão.

A ferramenta *Smart Obra* aqui proposta, pode ser considerada de boa usabilidade por apresentar as informações com clareza e facilidade de operação, onde nela será possível armazenar dados, projetos, imagens, dentre outros, que auxiliarão no acompanhamento e gestão das obras. Este aplicativo poderá ser utilizado por meio de dispositivos como *tablets* e *smartphones*, sendo acessível para toda a equipe técnica, desde engenheiros, arquitetos, técnicos, encarregados e estagiários. A apresentação da primeira versão do aplicativo para três profissionais técnicos da construção civil evidenciou a aceitação com o uso de aplicativos para gerenciamento de obras e trouxe importantes contribuições para o desenvolvimento das próximas versões da ferramenta. Em geral, destacaram-se, entre as sugestões, melhorias no detalhamento de atividades dentro do aplicativo e na segurança dos dados digitais.

Observou-se, ainda, a existência de sinergia entre as funções do aplicativo desenvolvido com os princípios da Construção Enxuta. Logo, as suas aplicações futuras poderão trazer resultados favoráveis ao PCP e também atenderão à necessidade atual de inclusão das tecnologias no cenário da construção civil. No entanto, para o aperfeiçoamento da ferramenta, deverão ser levadas em consideração a implementação das funcionalidades sugeridas pelos profissionais e a sua efetiva utilização em uma obra piloto, para que se tenha a real dimensão do seu alcance com relação às aplicações de PCP e Construção Enxuta, bem como suas limitações. Portanto, sugere-se como pesquisa futura:

- Avaliação do uso da ferramenta *Smart Obra* em um canteiro de obras como instrumento de apoio ao PCP.

Referências

ALVES, T. C. L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras. Proposta baseada em estudos de caso.** 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

- ALVES, T.; PIO, V. A importância do sistema *Last Planner* para construção civil. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA (CONTECC), 3.; SEMANA OFICIAL DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA (SOEA), 73., 2016, Foz do Iguaçu-PR. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu-PR: CONTECC, 2016. p.1-5.
- ARO, C.; AMORIM, S. As inovações tecnológicas no processo de produção dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. 1.; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ENTAC, 2004. p. 1-7.
- BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de Birmingham, Birmingham, Inglaterra, 2000.
- BERNARDES, M. M., **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração**: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 349 p.
- GONÇALES FILHO, M.; CAMPOS, F. C. de; ASSUMPÇÃO, M. R. P. Revisão Sistemática de Literatura com análise bibliométrica sobre estratégia e Manufatura Enxuta em segmentos da indústria. **Gestão da Produção**, São Carlos, v. 23, n. 2, p. 408-418, 2016.
- FORMOSO, C. T. Lean Construction: princípios básicos e exemplos. **Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras**, Porto Alegre, v. 15, 2002, p. 50-58.
- FORMOSO, C. T. *et al.* **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- GARRIDO, M. C. **Análise da aplicação de modelagem da informação da construção no planejamento e controle da produção em canteiros de obra apoiando os princípios da construção enxuta**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2008, 175 p.
- GOMES, C. **Soluções de mobilidade e otimização de ferramentas TIC “Tecnologias de Informação e Comunicação” na construção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Portugal, 2011.
- ISATTO, E. L. *et al.* **Lean construction**: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000, 177p.
- KOSKELA, L. **Application of the new Production Philosophy to Construction**. Stanford University, Califórnia- EUA: Centro de Engenharia Integrada de Instalações, 1992, Technical Report, v. 72. 81p.
- LIMA, M. M. O. *et al.* Estudo do sistema de planejamento e controle da produção de uma empresa construtora de Fortaleza-CE. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA REGIÃO NORDESTE, 4., 2009, Fortaleza. **Anais [...]**. Fortaleza: SEPRONe, 2009.
- LUSTOSA, L. J. *et al.* **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2008. 376 p.
- MARQUES, R. M. L. V. S. **As tecnologias de informação e comunicação na indústria de construção portuguesa**: caracterização da sua utilização e análise do impacto no desempenho das empresas. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2010.
- MATOS, P. R. F. **Implantação do planejamento e controle da produção em uma empresa construtora a partir da filosofia Lean**. 2009. Monografia (graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: Pini, 2010, 420p.

MOURA, C. B.; FORMOSO, C. T. Análise quantitativa de indicadores de planejamento e controle da produção: impactos do Sistema *Last Planner* e fatores que afetam a sua eficácia. **Ambiente Construído**, Porto Alegre -RS, v. 9, n. 3, p. 57-74, 2009.

MOURA, R. S. L. M.; HEINECK, L. F. M. Linha de balanço: síntese dos princípios de produção enxuta aplicados à programação de obras? *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió, Alagoas. **Anais[...]** Maceió, Alagoas: ENTAC, 2014.

MUIANGA, E. A. D.; GRANJA, A. D.; RUIZ, J. A. Desvios de custos e prazos em empreendimentos da construção civil: categorização e fatores de influência. **Ambiente Construído**, Porto Alegre - RS, v. 15, n. 1, p. 79-97, 2015.

NUNES, I. J. D. **Aplicação de ferramentas Lean no planejamento de obras**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

PEREIRA, K. T.; SILVA, F. V. M.; MATOS, P. R. F. Desenvolvimento de um protótipo de aplicativo móvel para acompanhamento e controle de obras. *In*: SENGI - SIMPÓSIO DE ENGENHARIA, GESTÃO E INOVAÇÃO, 3., 2020, São Paulo. **Anais[...]**. São Paulo: SENGI, 2020.

POZZEBON, M.; FREITAS, H. M. R. de. Por um conjunto de princípios que possibilitem a construção de novos modelos de sistemas de informação. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 5, p. 87-104, 1997.

REHFELDT, M. J. H. *et al.* O uso de softwares, tabelas e planilhas nas práticas laborais de engenheiros. **Revista Dynamis**, Blumenau – SC, v. 21, n. 1, p. 31-43, nov. 2015.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 334 p.

SALGADO, M. S. *et al.* A gestão de projetos e as tecnologias digitais: estratégia bim-br e tendências pós-pandemia. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais eletrônicos[...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2020. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v18i.946>. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/946>. Acesso em: 01 fev. 2023.

SILVA JUNIOR, D. de S.; SANTOS, R. C. dos; SANTOS, I. L. dos. Industry innovations 4.0 process management in the provision of services in the construction industry. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 394–415, 2020. DOI: <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2020.v12i3.500>. Disponível em: <https://www.revistafuture.org/FSRJ/article/view/500>. Acesso em: 01 fev. 2023.

SILVA, L. E. T. *et al.* Tecnologias digitais utilizadas pela indústria da construção civil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 12., 2021, Porto Alegre. **Anais eletrônicos[...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2021. DOI: <https://doi.org/10.46421/sibragec.v12i00.430>. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sibragec/article/view/430>. Acesso em: 01 fev. 2023.

SILVA, V. L.; KOVALESKI, J. L.; PAGANI, R. N. Technology transfer and human capital in the industrial 4.0 scenario: A theoretical study. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 102-122, 2019.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C. H. A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas: 1997. 726 p.

UCHOA, F. R. M. *et al.* Controle produtivo no gerenciamento de obras: o uso de aplicativos e sistemas em construtoras de Quixadá-CE. *In*: ANAIS DO ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 38., 2018, Maceió-AL. **Anais eletrônicos[...]**. Maceió-AL: ABEPRO, 2018. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegep&a=2018&c=35060>. Acesso em: 15 mar. 2021.

Sobre os autores

Karolina Tavares Pereira

Engenheira Civil pela Faculdade CISNE em 2021. Especialista em Gerenciamento de Construções pela Universidade Estácio em 2022. Atualmente desenvolve o projeto de um aplicativo para auxiliar no acompanhamento e gerenciamento de obras e atua como engenheira civil.

Daniele Aparecida Monteiro Ismael

Engenheira Ambiental pela UFCG em 2016. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Cândido Mendes em 2018. Mestre em Tecnologias Energéticas e Nucleares na UFPE na área Aplicação de Radioisótopos na Agricultura e Meio Ambiente. Atualmente é professora substituta do IFCE na área de Saneamento Ambiental.

Paulo Rogério Freitas de Matos

Engenheiro Civil pela UFC em 2009. Especialista em Gestão de Projetos pelo Instituto Stella Maris em 2016. Mestrando em Engenharia Civil pela UFC na área de Gestão de empreendimentos. Experiência em construção civil e projetos residenciais de alto padrão e padrão popular. Experiência em docência desde 2017. Atualmente professor substituto do IFCE, docente e pesquisador na área de Gestão da Construção.

Avaliado em: 07.06.2023

Aceito em: 16.08.2023