

## **Análise da produtividade e do efeito do aprendizado em um projeto adotante do *Last Planner System*®: um estudo de caso único em uma usina fotovoltaica de grande porte**

Analysis of productivity and learning effect in a project adopting the Last Planner System®: a single case study in a large photovoltaic plant

### **Andreia Cardoso Alves**

Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, Ceará | eng.andreia@gmail.com

### **Luiz Fernando Mahlmann Heineck**

Universidade Estadual do Ceará | Fortaleza, Ceará | luiz.heineck@uece.br

### **José de Paula Barros Neto**

Universidade Federal do Ceará | Fortaleza, Ceará | jpbarros@ufc.br

### **RESUMO**

O *Last Planner System*® (LPS®) é uma abordagem que busca a estabilidade do fluxo de trabalho a partir da introdução de diferentes práticas de planejamento e controle. A literatura apresenta diversos benefícios oriundos de sua implementação. Contudo, existe uma escassez de estudos que mostrem o comportamento da produtividade dos serviços após a implantação do LPS®, bem como os eventuais ganhos em face do efeito do aprendizado, no caso de projetos com características repetitivas. Nesse contexto, o presente trabalho visa preencher esta lacuna, apresentando um estudo acerca da produtividade e do efeito do aprendizado em um projeto adotante do LPS®. Para tanto, a pesquisa realizou um estudo de caso único em uma usina fotovoltaica de grande porte. Os resultados indicaram variabilidade do fluxo de trabalho e reduzido ganho por efeito do aprendizado.

**Palavras-chave:** *Last Planner System*®; Produtividade; Efeito do aprendizado; Fluxo do trabalho.

### **ABSTRACT**

The Last Planner System® (LPS®) is an approach that seeks workflow stability through the introduction of different planning and control practices. The literature presents several benefits arising from its implementation. However, there is a lack of studies that show the behavior of service productivity after the implementation of LPS®, as well as the possible gains due to the learning effect, in the case of projects with repetitive characteristics. In this context, this work aims to fill this gap, presenting a study on productivity and the learning effect in a project adopting LPS®. To this end, the research carried out a single case study in a large photovoltaic plant. The results indicated workflow variability and reduced gain due to the learning effect.

**Keywords:** Last Planner System®; Productivity; Effect of learning; Work flow.

## 1 INTRODUÇÃO

O LPS® é uma ferramenta do *lean construction* que tem sido elogiada por sua capacidade de melhorar o desempenho dos projetos de construção (Power *et al.*, 2023). Trata-se de uma abordagem que visa estabilizar os fluxos de trabalho (Kim; Jang, 2005), aumentar a confiabilidade dos planos (Hamzeh; Ballard; Tommelein, 2009) e promover o equilíbrio entre aquilo que deve ser feito e o que pode ser feito (Aslesen; Tommelein, 2016). Diversas empresas, têm implementado seus conceitos e práticas (Alves, 2024; Moura *et al.*, 2024; Véran-Leigh *et al.*, 2022; Viana *et al.*, 2010), reportando benefícios como aumento da colaboração (Vieira *et al.*, 2024; Lappalainen *et al.*, 2022), melhor gestão visual e gerenciamento do projeto (Moura *et al.*, 2024; Tayeh *et al.*, 2019), maior transparência e controle das tarefas (Vieira *et al.*, 2024; Barbosa *et al.*, 2013), dentre outros.

A motivação para o desenvolvimento do LPS® repousa na busca da estabilidade do fluxo de trabalho (Ballard, 2000; Ballard, 2021), visto que o controle do fluxo permite a continuidade e o sequenciamento do trabalho (Ballard, 2000), bem como a previsibilidade do processo de produção (Bortolazza; Formoso, 2006). Contudo, apesar da relevância da estabilidade do fluxo para o sucesso do LPS®, existe uma escassez de estudos sobre os dados de produtividade de serviços e os ganhos de performance decorrentes do efeito do aprendizado em projetos de construção que utilizam o *last planner*.

As pesquisas têm se debruçado predominantemente em analisar os benefícios e as dificuldades da implantação do LPS® em projetos de construção (Moura *et al.*, 2024; Bellaver *et al.*, 2023; Power *et al.*, 2023; Power; Sinnott; Mullin, 2020), estudar seu uso associado ao LBMS (*Location-Based Management System*) (Dave; Seppanen; Modrich, 2016), empregar ferramentas de gestão visual (Antonini *et al.*, 2023; Carvalho *et al.*, 2023), realizar aplicação conjugada com o BIM (*Building Information Modeling*) (Sbiti *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2020; Etges *et al.*, 2020), propor modelos para aprimoramento do LPS® (Soman, 2019; Ebbs; Pasquires, 2018), apreciar a implantação do LPS® à luz do desempenho resiliente (Hamerski *et al.*, 2023), dentre outros.

Este cenário dificulta a análise de possíveis ganhos de produtividade oriundos da introdução do LPS®. Nesse contexto, o presente trabalho pretende colmatar tal lacuna, apresentando a análise da produtividade de serviços do projeto de construção de uma usina fotovoltaica de grande porte. A questão de pesquisa que norteia o trabalho é: como se comporta a produtividade em um projeto de construção, no qual o LPS® encontra-se implementado? Espera-se, por meio deste trabalho, verificar se (1) as práticas do LPS® alcançaram o objetivo de estabilizar o fluxo de trabalho e se (2) houve melhoria na produtividade em razão do efeito do aprendizado.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 LPS®

O LPS® estratifica o Planejamento e Controle da Produção (PCP) em níveis hierárquicos ou horizontes de planejamento (Ballard; Tommelein, 2021), conforme mostra o quadro 1. Estes níveis são compostos por diferentes práticas, cujo grau de implementação pode ser medido por indicadores como o *Planning Best Practice* (PBP) (Castillo; Alárcon; Salvatierra, 2018; Viana *et al.*, 2010; Sterzi; Isatto; Formoso, 2007; Soares; Bernardes; Formoso, 2002).

O PBP é uma métrica que busca, por meio de uma lista de verificação, analisar a implantação de 15 práticas de planejamento e controle (Viana *et al.*, 2010). Seu cálculo considera uma pontuação de 0 para nenhuma implementação da prática analisada, 0,5 para implementação parcial e 1 para implementação completa da rotina de planejamento investigada (Viana *et al.*, 2010). O quadro 1 apresenta as práticas de planejamento exploradas pelo PBP (Viana *et al.*, 2010).

Quadro 1: Práticas de planejamento do índice PBP

Horizonte de Planejamento	Prática de Planejamento
1. Geral (práticas comuns a todos os horizontes)	1.1 Formalização do processo de planejamento e controle; 1.2 Utilização de dispositivos visuais para divulgação de informações;
2. Planejamento de longo prazo	2.1 Utilização de um plano diretor transparente e de fácil compreensão; 2.2 Atualização sistemática do plano diretor; 2.3 Utilização de indicadores de desempenho;

3. Planejamento de Médio Prazo (PMP)	3.1 Padronização do PMP; 3.2 Definição correta de pacotes de trabalho; 3.3 Planejamento e controle de fluxos físicos; 3.4 Remoção sistemática de restrições; 3.5 Criação de um banco de atividades prontas;
4. Planejamento de curto prazo	4.1 Inclusão apenas de pacotes de trabalho sem restrições nos planos de curto prazo; 4.2 Padronização de reuniões; 4.3 Participação de representantes da equipe na tomada de decisões;
5. Aprendizagem	5.1 Análise crítica de dados; 5.2 Ações corretivas baseadas nas causas de não-conclusões de planos.

Fonte: Adaptado de Viana *et al.* (2010)

## 2.2 PRODUTIVIDADE

A produtividade visa mensurar a eficiência das atividades, tendo em vista parâmetros de entrada e de saída, bem como os fatores que influenciam o fluxo de trabalho (Lee; Won, 2021). Um indicador comum para avaliação da produtividade é a Razão Unitária de Produção (RUP), cuja fórmula relaciona o esforço humano empregado (total de horas-homem trabalhadas) com a quantidade de serviço executada (Souza, 2006). A equação para cálculo da RUP é expressa em 1 (Souza, 2006).

$$RUP = \frac{\text{total de horas – homem trabalhadas}}{\text{Quantidade de serviço}} \quad (1)$$

A RUP pode estar relacionada a diferentes períodos de tempo (Alves; Campos, 2023). Quando está associada ao trabalho realizado no intervalo de um dia, por exemplo, é denominada RUPd ou RUP diária (Souza, 2006). Quando cobre um intervalo acumulado de tempo, é chamada de RUP cumulativa ou RUPcum (Souza, 2006).

## 2.3 EFEITO DO APRENDIZADO

O efeito do aprendizado é um fenômeno que se caracteriza pelo decréscimo do consumo de hh (homem-hora) em tarefas repetitivas, em razão da aprendizagem dos trabalhadores e do ganho de experiência, durante a execução (Heineck, 1991). Diferentes fatores podem influenciar o processo de aprendizagem, gerando melhorias na produtividade (Anzanello; Fogliatto, 2007), como por exemplo: gestão de suprimentos (Kazaz; Manisali; Ulubeyli, 2008), experiência prévia (El-Gohary; Aziz, 2014) e incentivos monetários (Jarkas; Bitar, 2012).

O impacto dos diversos fatores sobre a aprendizagem e conseqüentemente sobre a produtividade é usualmente demonstrado por curvas de aprendizado (Anzanello; Fogliatto, 2007) que apresentam o comportamento do consumo de hh em função do número de unidades de serviço executadas (Marchiori, 1998). As curvas de aprendizado são baseadas em modelos potenciais, exponenciais e hiperbólicos (Anzanello; Fogliatto, 2007). Na construção civil, é comum o emprego do modelo potencial proposto por Wright (Panzeter, 1988; Marchiori, 1998), consoante mostra equação 2 (Anzanello; Fogliatto, 2007; Marchiori, 1998).

$$T_x = T_1 x^k \quad (2)$$

Onde:

- ✓  $T_x$  representa o consumo de hh para executar uma quantidade de serviço (Exemplo: pavimentos, casas, dentre outros);
- ✓  $T_1$  representa o consumo de hh para executar a primeira unidade de repetição do serviço (Ex: primeiro pavimento, primeira casa, dentre outros);
- ✓  $x$  é o número de ordem da repetição;
- ✓  $k$  é o coeficiente da lei de aprendizagem, cuja equação é expressa na equação 3.

$$k = \frac{\ln \frac{1}{Lei}}{\ln 2} \quad (3)$$

Para verificar a magnitude do aprendizado, é feita análise da taxa de aprendizado, oriunda do expoente  $k$  da curva do modelo potencial (Marchiori, 1998). Para cada valor de  $k$ , tem-se o valor para a lei do aprendizado. Quanto maior o  $k$ , maior o aprendizado (Marchiori, 1998). Para um  $k$  de 0,1, por exemplo, tem-se uma lei de 93,3%, o que significa uma redução de 6,7% no consumo de hh a cada duplicação da unidade de repetição.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada, por este trabalho, é de estudo de caso único. Trata-se de uma abordagem que possibilita a confirmação, o questionamento ou a ampliação de uma teoria (Yin, 2015; Dyer; Wilkins, 1991), bem como o aprofundamento na investigação de uma temática (Prodanov; Freitas, 2010; Miguel, 2007). De acordo com Yin (2015), é uma estratégia adequada quando (1) as questões de pesquisa são do tipo “como” e “por que”, (2) o pesquisador exerce pouco ou nenhum controle sobre os eventos e (3) o foco situa-se em um fato contemporâneo.

Neste trabalho, o estudo de caso foi realizado em uma usina fotovoltaica construída entre fevereiro de 2023 e março de 2024, no nordeste brasileiro. A usina apresentava área aproximada de 1.100 hectares e possuía um total de 676.566 de placas solares instaladas. O projeto foi executado por um consórcio de duas empresas que não apresentavam experiência prévia com o LPS® em parques solares. Uma consultoria especializada foi contratada para implementar os conceitos e as práticas do LPS®. Um dos autores deste trabalho atuou, neste projeto, na função de coordenadora de planejamento.

### 3.2 COLETA DE DADOS

Foram coletados dois tipos de dados, na usina fotovoltaica estudada:

- a) Dados relativos ao grau de implementação do LPS®;
- b) Dados de produtividade de dois serviços.

A fim de identificar o grau de implementação do LPS®, a pesquisa fez uso do índice *Planning Best Practice* (PBP) ou índice de melhores práticas de planejamento. Nesse sentido, o trabalho debruçou-se sobre os documentos descritos no quadro 2, de modo a analisar o alcance da implementação realizada. Os dados foram coletados no intervalo de fevereiro de 2023 a março de 2024.

**Quadro 2:** Documentos analisados

Identificação do documento	Descrição do documento
Documento 1	Cronograma de longo prazo elaborado no <i>software</i> MS Project®
Documento 2	LBMS desenvolvido no <i>software</i> Prevision
Documento 3	Planilhas elaborada no <i>software</i> MS Excel® com as curvas de avanço físico e Índice de Desempenho de Prazo do projeto
Documento 4	Planilha de análise de riscos elaborada no <i>software</i> MS Excel®
Documento 5	Planilha de análise de restrições elaborada no <i>software</i> MS Excel®
Documento 6	Programações semanais elaboradas no <i>software</i> MS Excel®
Documento 7	Relatórios semanais da implementação do LPS® elaborado pela consultoria
Documento 8	Manual de implementação do LPS® elaborado pela consultoria
Documento 9	Planilhas de controle de produção das atividades elaborada no <i>software</i> MS Excel®

Fonte: os autores

Os dados de produtividade, por sua vez, foram coletados a partir de formulários de campo preenchidos diariamente pelos encarregados das frentes de serviço. Estes dados foram transcritos, pela equipe de planejamento e controle do projeto para planilhas do Microsoft Excel® (documento 9).

No total, foram selecionados 2 serviços da usina fotovoltaica para análise, a saber:

- 1- Cravação direta de estacas: trata-se de um serviço realizado por equipamento chamado bate-estaca ou cravadora, no qual por meio da aplicação de sucessivos golpes, crava-se as estacas no solo. A usina do estudo de caso apresentou uma média de 5 cravadoras no decorrer da execução, alcançando um pico de 8 máquinas e um mínimo de 1;

- 2- *Pre-drilling* para implantação de estacas: consiste na realização de furos, no solo, por meio de perfuratrizes, com posterior preenchimento com material inerte. O *Pre-drilling* é indicado para solos com presença de rocha;

Figura 1: Cravação direta de estacas (à esquerda) e *pre-drilling* (à direita)



Fonte: os autores

A escolha destes serviços foi pautada na sua importância executiva, haja vista participarem do caminho crítico do cronograma da obra.

### 3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados dos serviços apropriados foram plotados em gráficos de dispersão no *software* Microsoft Excel®. As variáveis “produção diária total” e “consumo de hh diário” foram representadas nos eixos das abcissas e das ordenadas, respectivamente. No Excel®, procedeu-se com cálculo da equação de regressão e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). O valor do R de Pearson ou coeficiente de correlação, por sua vez, foi obtido com auxílio do *software* de estatística jamovi®. Os resultados de R e de  $R^2$  foram utilizados para análise da correlação entre as variáveis e para ponderação acerca do poder de explicação da variável “consumo de hh” com relação à variável “produção diária total”. Adicionalmente, utilizou-se o coeficiente de variação (cv) para análise da dispersão dos dados com relação à média.

Para cálculo do efeito do aprendizado, a pesquisa valeu-se novamente de gráficos de dispersão. Nesta etapa, a sequência de dias foi plotada no eixo das abcissas e a RUP no eixo da ordenadas. A curva do modelo potencial foi obtida por meio do Microsoft Excel®. O expoente da equação potencial foi empregado, conforme equação 3, para cálculo da lei do aprendizado. O formato da curva foi analisado para verificação da estabilidade do fluxo de trabalho.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ÍNDICE DE MELHORES PRÁTICAS DE PLANEJAMENTO (PBP)

Por meio dos documentos 7 e 8, evidenciou-se que a implementação do LPS® foi iniciada em fevereiro de 2023 com as rotinas de longo prazo. No mês subsequente, o projeto introduziu as dinâmicas de médio prazo e, em abril e junho de 2023, respectivamente, houve inserção das rotinas de curto prazo e de aprendizagem.

Com base na análise documental, notou-se ainda que o projeto implementou totalmente 14 das 15 práticas apontadas no quadro 1. Apenas a prática 4.1 foi considerada como parcialmente implementada, visto que houve inclusão, nas programações semanais, de atividades não prontas.

A tabela 1 exibe o conjunto de rotinas e respectivas evidências documentais.

**Tabela 1:** Práticas implementadas

Práticas	Pontuação	Evidências da implementação
1.1	1	Documento 8
1.2	1	Documentos 7 e 8
2.1	1	Documentos 1 e 2
2.2	1	Documentos 1 e 2
2.3	1	Documento 3
3.1	1	Documento 8
3.2	1	Documentos 1, 2 e 5
3.3	1	Documentos 7 e 8
3.4	1	Documento 5
3.5	1	Documento 5
4.1	0,5	Documento 6
4.2	1	Documento 8
4.3	1	Documento 7
5.1	1	Documentos 4, 7 e 9
5.2	1	Documento 7
<b>Total</b>	<b>14,5</b>	

Fonte: os autores

À luz destes dados, observa-se que houve implantação das práticas formais do LPS® na usina fotovoltaica com destaque para as rotinas de longo e de médio prazo.

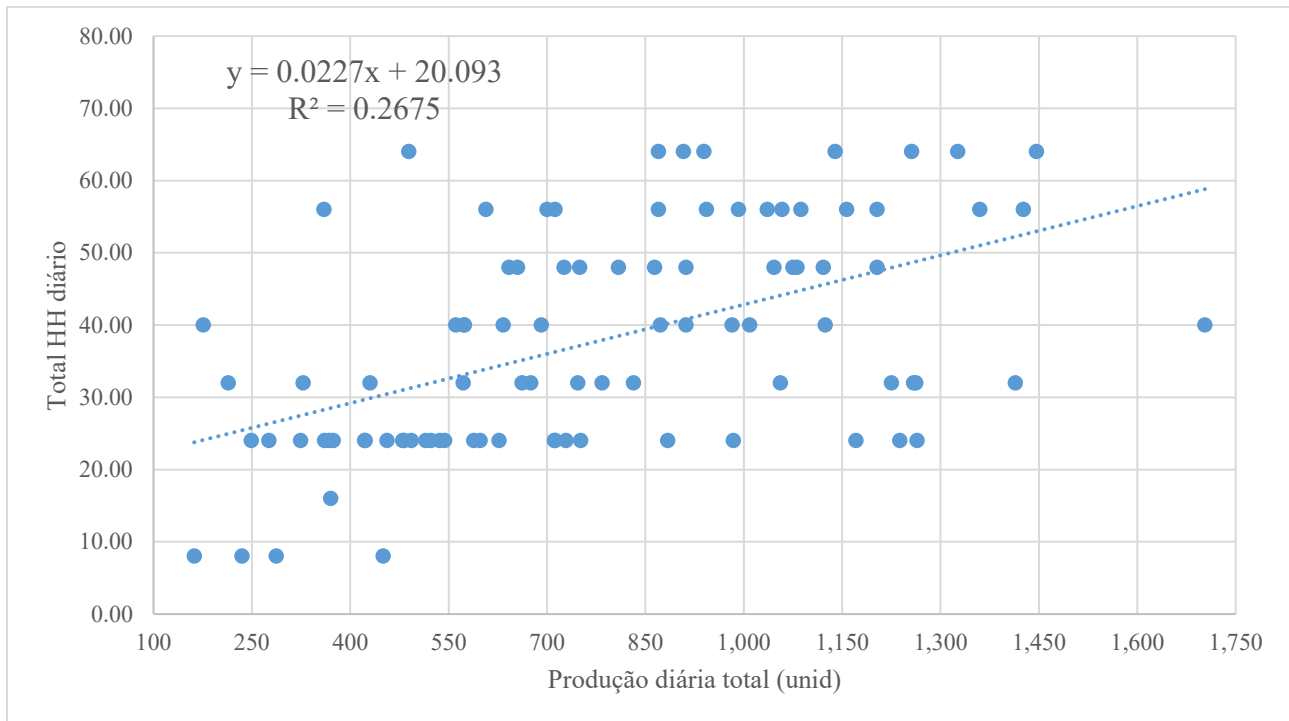
## 4.2 ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE E DO EFEITO DO APRENDIZADO

Neste item, a pesquisa se propõe a analisar a produtividade e os eventuais ganhos de consumo de hh em razão do efeito do aprendizado. Consoante exposto no item 4.1, o projeto exibiu IBP de 14,5. Logo, espera-se verificar se este indicador reverberou positivamente nos dados de produtividade.

### 4.2.1 CRAVAÇÃO DIRETA DAS ESTACAS

Este serviço apresentou um total de 93 dias apropriados. A produção média foi de 780,92 estacas/dia, o desvio-padrão foi de 345,84 estacas/dia e o cv foi igual a 44,29%. A média por cravadora foi de 179 estacas/dia, com desvio-padrão de 82,3 estacas/dia e cv de 46,02%, o que implica em expressiva variabilidade dos dados em torno da média. O R de Pearson da amostra exibiu valor de 0,517, denotando uma correlação média entre as variáveis consumo de hh e quantidade diária realizada. O  $R^2$ , por sua vez, alcançou 0,2675, indicando que apenas 26,75% dos resultados de consumo de hh podem ser explicados pela variável produção diária realizada. O p de Shapiro-Wilk foi maior que 0,05, o que significa que os resíduos apresentaram distribuição normal. A figura 2 mostra os dados de consumo diário de hh versus a produção diária.

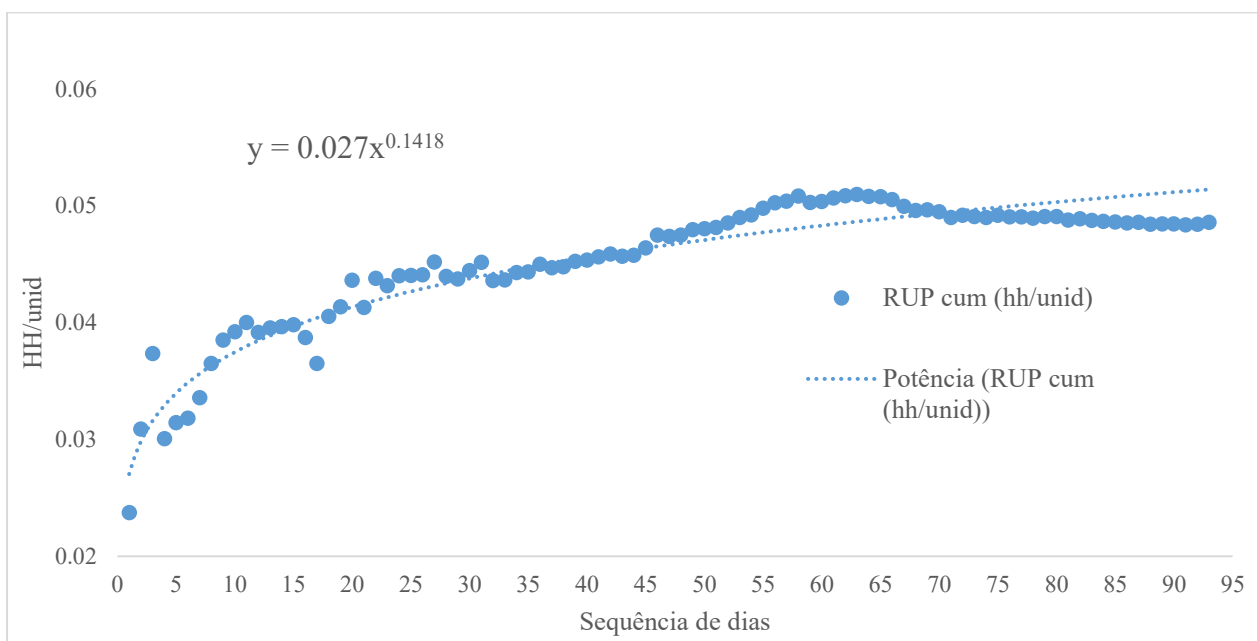
**Figura 2:** Consumo de hh do serviço de implantação de estacas



Fonte: os autores

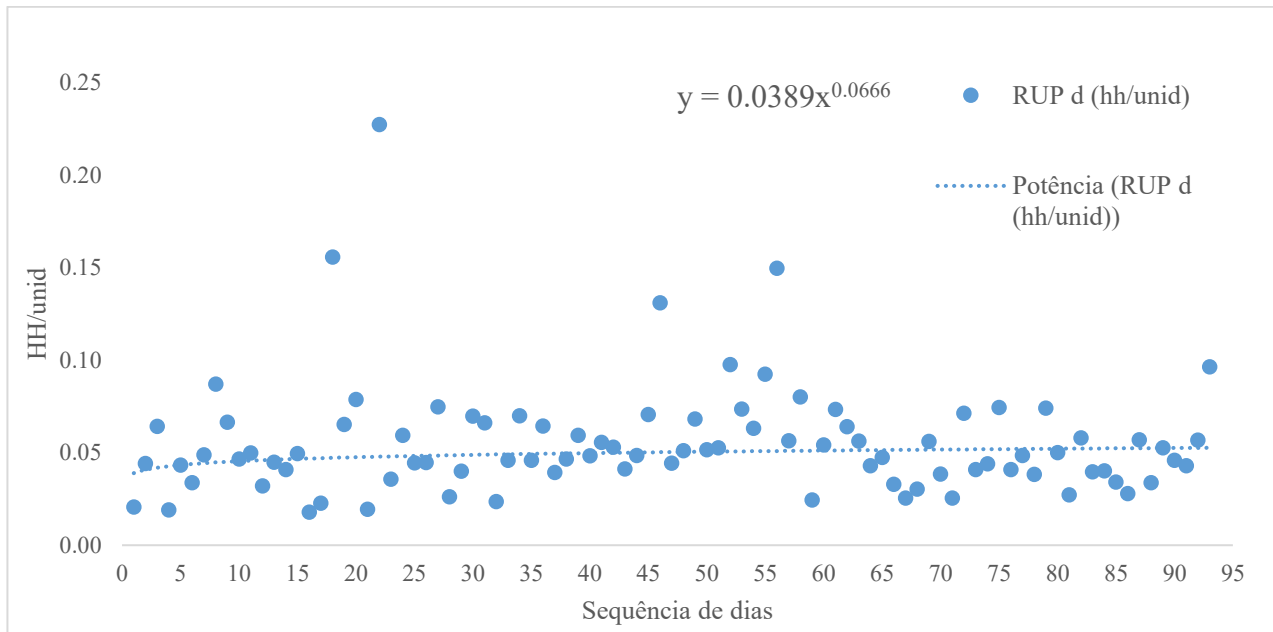
No que tange ao aprendizado, nota-se, com base nas figuras 3 e 4, aumento no consumo de hh, o que sublinha ausência do efeito do aprendizado. Adicionalmente, as figuras evidenciam uma breve estabilidade da RUP apenas entre a 30ª e a 45ª repetições e entre a 70ª e a 80ª. Nas demais repetições, verifica-se ausência de estabilidade.

**Figura 3:** Curva de aprendizado cumulativa do serviço de cravação direta das estacas



Fonte: os autores

**Figura 4:** Curva de aprendizado individual do serviço de cravação direta das estacas



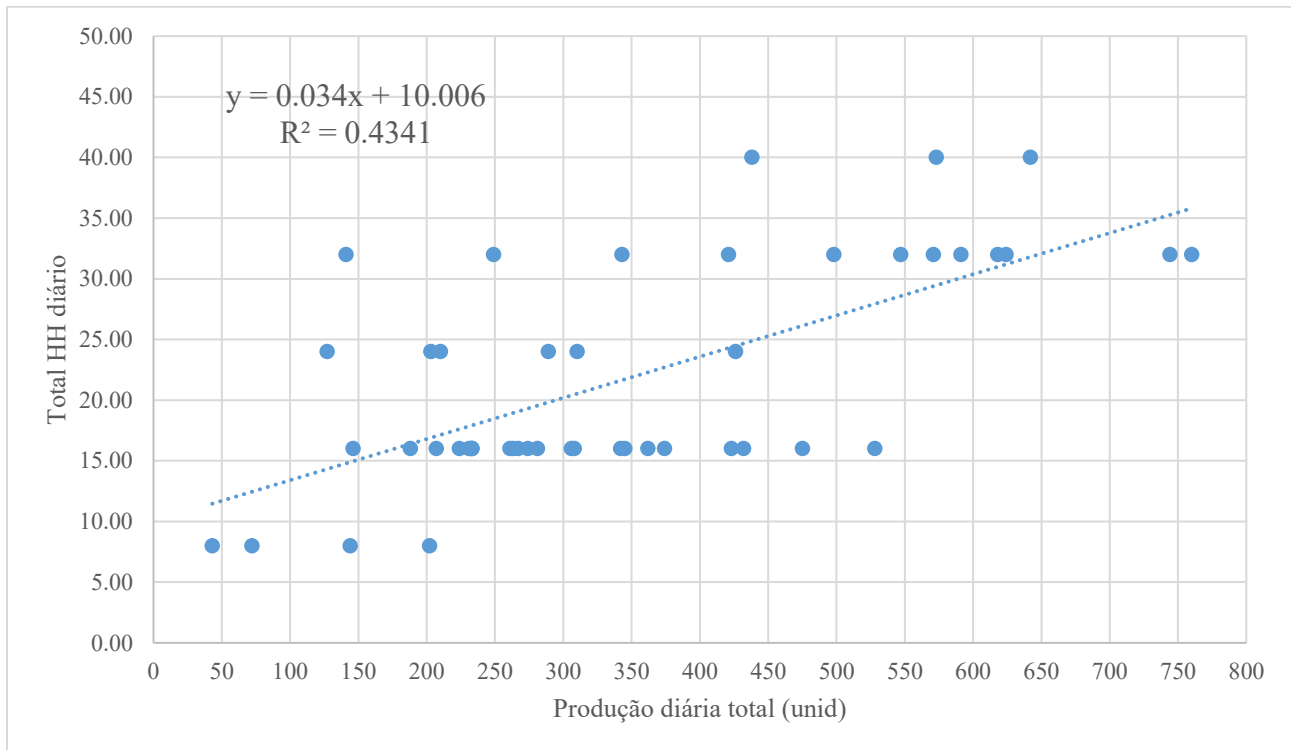
Fonte: os autores

Uma possível explicação para a variabilidade observada pode estar relacionada, consoante análise dos documentos 1, 5 e 6, com a entrega das estacas. Observou-se, nos documentos citados, que houve entregas não tempestivas por parte do fornecedor e fora da ordem contratada. Nos dois primeiros meses de execução da atividade, por exemplo, houve cerca de 40% de atraso, no avanço físico da entrega das estacas. A análise da RUPd (figura 4), inclusive, mostra variabilidade, nos primeiros 30 dias de execução da tarefa. Ademais, houve problemas relacionados à mudança do tipo de fundação das estacas inicialmente previsto em projeto. Durante toda execução da atividade, a equipe deparou-se com situações de campo que divergiam das especificações de projeto, o que gerou retrabalhos e deslocamentos da equipe para outras frentes não planejadas.

#### 4.2.2 PRÉ-DRILLING

Este serviço apresentou um total de 48 dias apropriados. A produção média foi de 131,14 estacas/dia, o desvio-padrão foi de 50,30 estacas/dias e o cv foi igual a 38,34%. O valor de cv denota alta variabilidade dos dados em torno da média. O R de Pearson assumiu o valor de 0,662, o que sublinha uma correlação média entre as variáveis produção diária e consumo de hh. O  $R^2$ , por sua vez, foi igual a 0,4378, indicando que 43,78% dos resultados de consumo de hh podem ser explicados pela produção diária realizada. Finalmente, o p de Shpiro-Wilk foi maior que 0,05, demonstrando que os resíduos exibiram uma distribuição normal. A figura 5 ilustra os dados de consumo diário de hh do serviço.

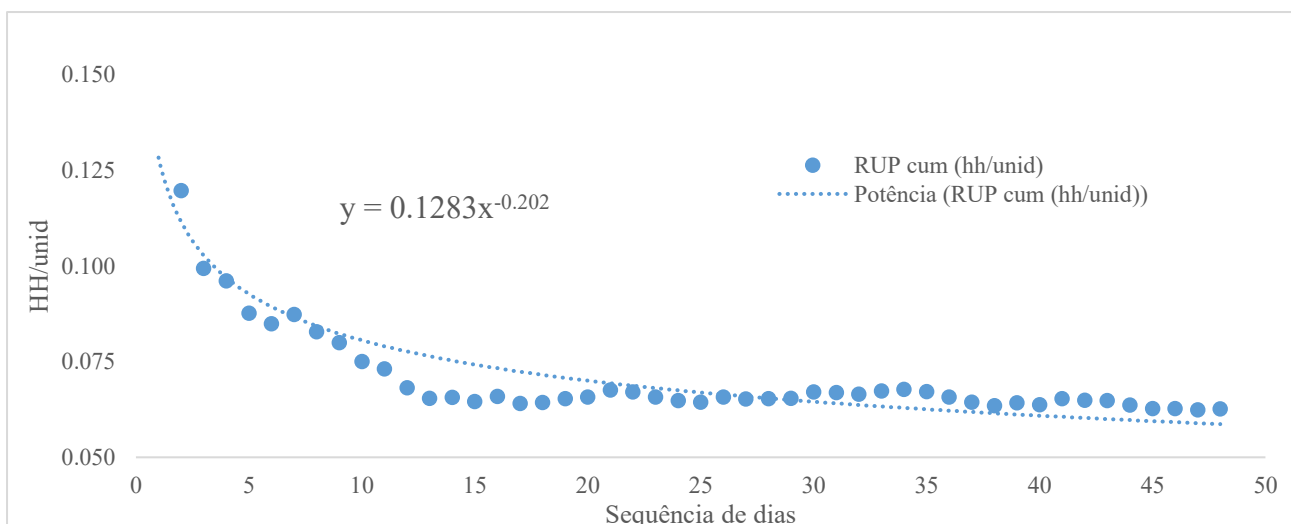
**Figura 5:** Consumo de hh do serviço de implantação de estacas



Fonte: os autores

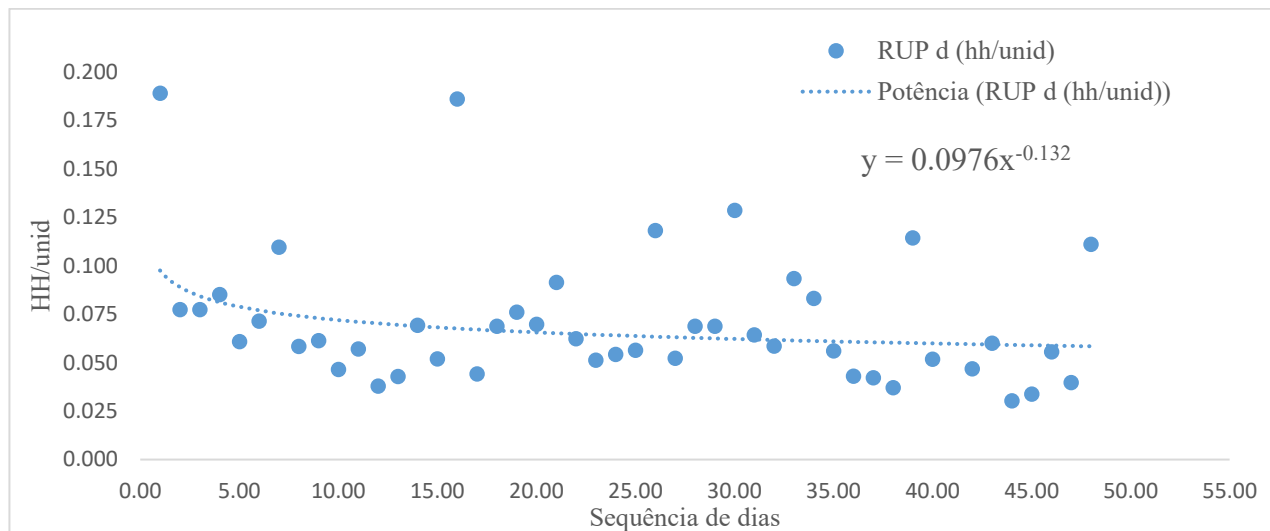
Com relação ao efeito do aprendizado, a curva com dados de RUP cumulativa aponta para 13% de redução do consumo de hh. A curva com dados de RUP diária ou individual, por seu turno, indica 9% de redução o consumo de hh a cada repetição. A partir da análise da curva cumulativa e individual, percebe-se que o fluxo de trabalho apresenta dados de RUP com flutuações acentuadas, em especial nas primeiras 20 repetições (figuras 6 e 7).

**Figura 6:** Curva de aprendizado cumulativa do serviço de implantação de estacas



Fonte: os autores

Figura 7: Curva de aprendizado individual do serviço de implantação de estacas



Fonte: os autores

### 4.3 DISCUSSÃO

Nota-se que a usina fotovoltaica implementou as práticas do LPS® consagradas na literatura (item 4.1). Contudo, os resultados (item 4.2) sugerem que ainda não foi possível comprovar a estabilidade do fluxo do trabalho, em razão da adoção destas práticas. A operação de cravação direta de estacas exibiu ausência do efeito do aprendizado e cv superior a 40%. Além disso, apresentou um R<sup>2</sup> baixo, sublinhando que outros fatores ecoaram no consumo de hh.

Salienta-se também que, embora o serviço de *pré-drilling* para implantação de estacas tenha apresentado redução do consumo de hh por efeito do aprendizado, o cv da amostra foi elevado (38,34%), realçando a expressiva variabilidade dos dados apropriados. Tal cenário pode denotar (1) a necessidade de adoção de outras práticas gerenciais com vistas a melhoria da implementação do LPS® e (2) a exigência de maior ênfase na adoção das práticas do LPS® (sobretudo aquelas indicadas nos itens 3.3 e 4.1 do quadro 1).

### 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estabilização do fluxo de trabalho passa, no contexto do LPS®, pela adoção de diferentes práticas de planejamento e controle que sobraçam horizontes de longo, médio e curto prazo. Esta pesquisa mostrou que, não obstante a adoção por uma usina fotovoltaica de 15 práticas apontadas na literatura para implantação do LPS®, ainda não foi possível detectar a estabilização da produtividade nos serviços estudados.

Os dados coletados sugerem que fatores como gestão de suprimentos e mudança de projetos, por exemplo, podem ter afetado o comportamento da produtividade e reduzido potenciais ganhos por efeito do aprendizado. Nesse sentido, é possível que a estabilidade do fluxo de trabalho reclame o emprego de mais práticas de planejamento e controle (subjacentes ou complementares ao LPS®).

Assim, este estudo contribuiu para o estudo do fluxo de trabalho, à luz de dados de produtividade, em projetos adotantes da filosofia da construção enxuta. Para pesquisas futuras, o trabalho propõe o emprego de técnicas oriundas da gestão de pessoas, de modo a verificar como fatores relacionados a comunicação, colaboração e motivação podem melhorar a implementação das rotinas do LPS® e consequentemente promoverem a estabilidade do trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, A. C. **Diretrizes para implementação do planejamento de médio prazo: lições e desafios a partir de um projeto de construção de uma usina fotovoltaica de grande porte**. 2024. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: < <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/79043>>
- ALVES, A. C.; CAMPOS, V. R. Impacto na produtividade decorrente da utilização de horas extras. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção (SIBRAGEC), 13. **Anais...** Aracaju, 2023. Disponível em: < <https://doi.org/10.46421/sibragec.v13i00.2400>>
- ANTONINI, B. G. *et al.* Logistics Planning Within the Last Planner System for Highway Construction Projects. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 31. **Anais...** Lille, 2023. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/2126>>
- ANZANELLO, M. J.; FOGLIATTO, F. S. Estudo da produtividade e da descontinuidade no processo produtivo da construção civil: um estudo de caso para edifícios altos. **Gestão & Produção**, v. 14, n. 1, p. 109-123, jan.-abr. 2007.
- ASLESEN, S.; TOMMELEIN, I. D. What “makes” the Last Planner? A Typology of Behavioral Patterns of Last Planners. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 24. **Anais...** Boston, 2016. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/1360>>
- BALLARD, G. **The last planner system of production control**. 2000. 192f. Doctor of Philosophy, University of Birmingham, Birmingham, 2000. Disponível em: <<http://etheses.bham.ac.uk/4789/>>
- BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. D. **2020 Current process benchmark for the last planner® system of project planning and control**. Technical Report, Project Production Systems Laboratory (P2SL). University of California, Berkeley, 2021.
- BARBOSA, G. *et al.* Implementing Lean Construction Effectively in a Year in a Construction Project. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 21. **Anais...** Fortaleza, 2013. Disponível em: < <https://www.iglc.net/papers/details/874>>.
- BELLAVER, G. *et al.* Implementing lookahead planning and digital tools to enable scalability and set of information in a multi-site lean implementation. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 30. **Anais...** Edmonton, 2022. Disponível em: < <https://www.iglc.net/papers/details/2004>>.
- BORTOLAZZA, R.; FORMOSO, C. T. A Quantitative Analysis of Data Collected From the Last Planner System in Brazil. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 14. **Anais...** Santiago, 2006. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/415>>.
- CARVALHO, L. A. A. P. *et al.*. Gestão visual das ferramentas lean no planejamento de obras. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENECEP), 43. **Anais...** Fortaleza, 2023. Disponível em: < [https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_ST\\_399\\_1956\\_46531.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_399_1956_46531.pdf)>
- CASTILLO, T.; ALÁRCON, L. F.; SALVATIERRA, J. L. Effects of Last Planner System Practices on Social Networks and the Performance of Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 144, n. 3, Mar/2018. Disponível em: < [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.000144](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.000144)>
- CHEN, Q. *et al.* Using look-ahead plans to improve material flow processes on construction projects when using BIM and RFID technologies. **Construction Innovation**, v. 20, n. 3, p. 471–508, 8 jun. 2020. Disponível em: < <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/CI-11-2019-0133/full/html>>
- DAVE, B.; SEPPÄNEN, O.; MODRICH, R. U. Modeling Information Flows Between Last Planner and Location Based Management System. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 24. **Anais...** Boston, 2016. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/1321>>
- DYER, G.; WILKINS, A. L. Better Stories, Not Better Constructs, to Generate Better Theory: A Rejoinder to Eisenhardt. **The Academy of Management Review**, v. 16, n. 3, p. 613-619 jul. 1991. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/258920>>
- EBBS, P.; PASQUIRE, C. Make Ready Planning Using Flow Walks: A New Approach to Collaboratively Identifying Project Constraints. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN

CONSTRUCTION (IGLC), 26. **Anais...** Chennai, 2018. Disponível em: <  
<https://www.iglc.net/papers/details/1598>>

EL-GOHARY, K. M.; AZIZ, R. F. Factors Influencing Construction Labor Productivity in Egypt. **Journal of Management in Engineering**, v. 30, n. 1, 1-9, Jan/2014. Disponível em: <  
<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29ME.1943-5479.0000168>>

ETGES, B. M. *et al.* Using BIM With the Last Planner® System to Improve Constraints Analysis. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 28. **Anais...** Berkeley, 2020. Disponível em: < <https://www.iglc.net/papers/details/1793>>

HAMERSKI, D. C. *et al.* The contributions of the Last Planner System to resilient performance in construction projects. *Construction Management and Economics*, v. 42, n. 4, p. 328-345, 2023. Disponível em: <  
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01446193.2023.2262622>>

HAMZEH, F.; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. D. Is the Last Planner System Applicable to Design? A Case Study. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 17. **Anais...** Taipei, 2009. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/644>>

HEINECK, L. F. M. Efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade na alvenaria. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 3. **Anais...** Florianópolis, 1991.

JARKAS, A. M.; BITAR, C. G. Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 138, n. 7, 811-820, jul/2012. Disponível em: <  
<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000501>>

KAZAZ, A.; MANISALI, E.; ULUBEYLI. Effect of basic motivational factors on construction workforce productivity in turkey. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 14, n.2, 95-106, 2008. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/1392-3730.2008.14.4>>.

KIM, Y.; JANG, J Case Study: An Application of Last Planner to Heavy Civil Construction in Korea. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 13. **Anais...** Sydney, 2005. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/386>>

LAPPALAINEN, E. *et al.* Findings on the Use of the Last Planner System\_a Case Study. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 30. **Anais...** Edmonton, 2022. Disponível em: <<https://iglc.net/Papers/Details/1945>>.

LEE, C.; WON, J. Analysis of construction productivity based on construction duration per floor and per gross area, with identification of influential factors. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 27, n.3, 203-216, 2021.

MARCHIORI, F. F. **Estudo da produtividade e da descontinuidade no processo produtivo da construção civil: um estudo de caso para edifícios altos.** 1998. 114 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

MOURA, L. *et al.* Lean Construction Implementation in the Construction of an Airport Runway. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 32. **Anais...** New Zealand, 2024. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/2299>>

PANZETER, A. **Estudo das relações entre os consumos de mão de obra e as quantidades físicas executadas.** 1988. 159 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1988.

POWER, W.; SINNOTT, D.; MULLIN, A.. Improving commissioning and qualification delivery using last planner® system. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 28. **Anais...** Berkeley, 2020. Disponível em: <<https://iglc.net/Papers/Details/1761>>.

POWER, W. *et al.* An Evaluation of the Lookahead Planning Function in Last Planner® System. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 31. **Anais...** Lille, 2023. Disponível em: <<https://iglc.net/Papers/Details/2149>>.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SBITI, M. *et al.* Toward BIM and LPS Data Integration for Lean Site Project Management: A State-of-the-Art Review and Recommendations. **Buildings**, v. 11, n. 5, p. 196, 7 maio 2021. Disponível em: <  
<https://www.mdpi.com/2075-5309/11/5/196>>

SOARES, A. C.; BERNARDES, M. M. S.; FORMOSO, C. T. Improving the Production Planning and Control System in a Building Company - Contributions After Stabilization. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 10. Anais...Gramado, 2002. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/210>>

SOMAN, R. K. Modelling construction scheduling constraints using Shapes Constraint Language (SHACL). In: EUROPEAN CONFERENCE ON COMPUTING IN CONSTRUCTION. **Anais...** Chania, 2019. Disponível em: <[https://ec-3.org/publications/conference/paper/?id=EC32019\\_170](https://ec-3.org/publications/conference/paper/?id=EC32019_170)>

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra: manual de gestão da produtividade na construção civil**. 1ª ed. São Paulo: Editora Pini, 2006.

STERZI, M. P.; ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T. Integrating Strategic Project Supply Chain Members in Production Planning and Control. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 15. Anais...East Lansing, 2007. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/468>>

TAYEH, B. A. et al. Techniques and benefits of implementing the last planner system in the Gaza Strip construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 26, n. 7, p. 1424–1436, 18 jun. 2019. Disponível em: < <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ECAM-01-2018-0039/full/html>>

VÉRAN-LEIGH, D. *et al.* Evaluation of Construction Performance With the Use of LPS and Precast Slabs in Residential Buildings. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 30. **Anais...** Edmonton, 2022. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/2038>>

VIANA, D. D. *et al.* A survey on the Last Planner System: impacts and difficulties for implementation in Brazilian companies. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 18. **Anais...** Haifa, 2010. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/715>>

VIEIRA, J. P. P. *et al.* Synergy Between LPS and Slack: A Case Study in Brazilian Horizontal Housing Developments. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION (IGLC), 32. **Anais...** New Zealand, 2024. Disponível em: < <https://iglc.net/Papers/Details/2294>>

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.