ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Determinantes da Propensão ao Uso de Tecnologias Digitais no setor da Construção Civil brasileiro

Digital Technologies Use Propensity Determinants in the Brazilian Construction Industry

Larissa de Moraes Rocha
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará (PEC/UFC) | Universidade Federal do Ceará|Fortaleza|Brasil|larissamoraesrocha@yahoo.com.br
Luis Felipe Candido
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará (PEC/UFC), Campus de Crateús| Crateús | Brasil | E-mail candido@crateus.ufc.br
José de Paula Barros Neto
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará|Fortaleza|Brasil|jpbarros@ufc.br

Resumo

Esse estudo investigou os determinantes da propensão ao uso de Tecnologias Digitais (TD) na construção civil brasileira. Para tanto, desenvolveu-se um modelo teórico composto por 36 variáveis e dez constructos que foram organizadas tendo por base a Teoria do Comportamento Planejado e o Modelo de Aceitação de Tecnologia. Realizou-se uma survey com 144 profissionais de 14 estados do Brasil para testar o modelo, que foi refinado através de Análise Fatorial Exploratória e Confirmatória com modelagem de equações estruturais. Como resultados, evidenciou-se a influência positiva da Utilidade, da Atitude dos profissionais, dos Aspectos Organizacionais, dos Recursos Necessários, da Capacidade Atual e da Intenção de Uso sobre o uso de TD no setor. Também revelou que a Facilidade de Uso, os princípios fundamentais da Construção Enxuta, o Incentivo Governamental, Normatização e a Segurança de Dados não foram determinantes. Desta forma, pode-se concluir que o modelo estrutural é valido e permite uma maior compreensão sobre a propensão ao uso de tecnologias digitais no setor de construção brasileiro, sendo essa a principal contribuição do estudo. Limitações e estudos futuros foram discutidos.

Palavras-chave: Transformação Digital. Inovação. Teoria do Comportamento Planejado. Modelo de Aceitação de Tecnologia.

Abstract

This study investigates the determinants of the propensity to use of Digital Technologies (DT) in the Brazilian Construction sector. A theoretical model was developed drawing on the Theory of Planned Behavior and the Technology Acceptance Model, comprising 36 variables grouped into

Como citar:
ROCHA, L.M.; CÂNDIDO, L.F.; BARROS NETO, J.P. Determinantes da Propensão ao Uso de Tecnologias Digitais no setor da Construção Civil brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

8 constructs. The model was tested and refined through Exploratory and Confirmatory Factor Analysis using Structural Equation Modeling, based on data collected from a survey with 144 professionals from 14 states of Brazil. The results indicated the positive influence of Usefulness, professionals' Attitude toward the use of DT, Organizational Assumptions, Necessary Resources, Actual Capacity, and Intention of Use on the Actual Use of DT. Additionally, it was revealed that Perceived Ease of Use, fundamental principles of Lean Construction, Government Support, Standardization, and Data Security are not determinants for the use of DT. In conclusion, the structural model is valid and provides a more in-depth understanding of the use propensity of Digital Technology in the Brazilian Construction sector. This represents the main contribution of the study. Limitations and suggestions for future research were also discussed.

Keywords: Digital Transformation. Innovation. Theory of Planned Behavior. Technological Acceptance Model.

INTRODUÇÃO

O uso de Tecnologias Digitais (TD) tem impulsionado o setor da construção, levando a uma melhoria de sua competitividade e ganhos econômicos [1]. Entretanto, a adoção dessas TDs varia de um país para o outro, sendo mais lenta em economias em desenvolvimento [2], e de uma organização para outra. Essa diferença está relacionada a vários fatores como por exemplo: o perfil dos profissionais [3], as características da organização [4], [5] e do ambiente de negócios em que elas atuam [6].

Nesse sentido, diversos estudos têm empreendido esforços para compreender esses fatores em diversos países como na Austrália [7], China [1], [8], Índia [5], entre outros, não tendo se identificado o Brasil nesses estudos, levando à seguinte questão de pesquisa: quais são os fatores determinantes da propensão ao uso da TD no setor da construção brasileiro?

Assim, esse estudo investigou os determinantes da propensão ao uso de TDs na construção civil brasileira. Dada a ausência de pesquisas que revelassem o estado atual, optou-se por explorar a propensão ao uso, uma preditora da Teoria do Comportamento Planejado (*Theory of Planned Behavior* - TPB) usada para identificar os fatores determinantes que influenciam a participação em comportamentos que podem ser controlados [9] – nesse caso o uso de TD. Ainda, por se tratar da intenção de uso de uma tecnologia, mobilizou-se, também, conceitos do Modelo de Aceitação de Tecnologia (Technology Acceptance Model - TAM) [10].

Para tanto, com base na revisão da literatura, propôs-se um modelo teórico com 36 variáveis organizadas em oito constructos. O modelo foi testado empiricamente com dados coletados em uma *survey* com 144 profissionais do setor de Construção de 14 estados do Brasil.

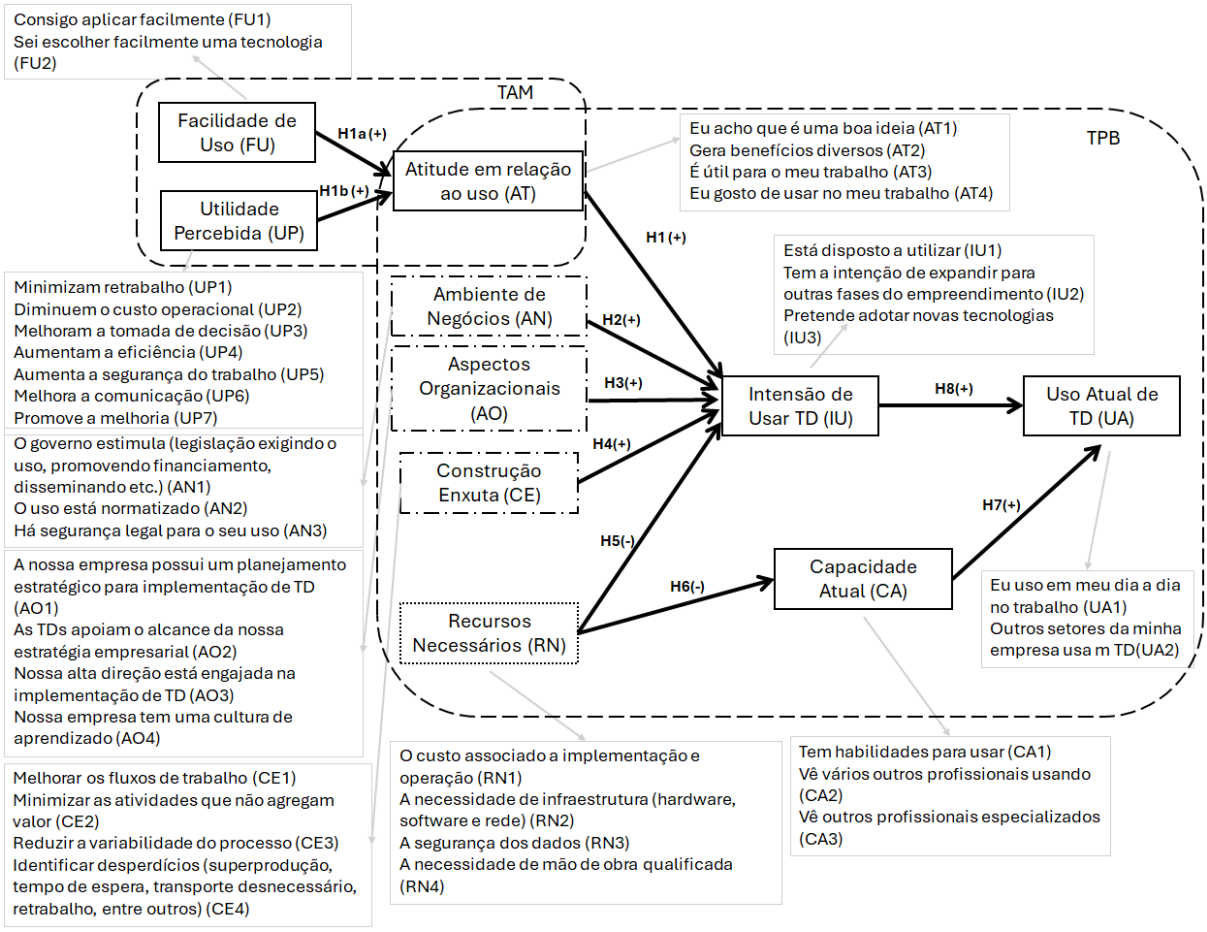
REFERENCIAL TEÓRICO

O modelo teórico foi desenvolvido com base na TPB e no TAM. Na TPB, as atitudes, as normas subjetivas e a percepções de controle comportamental influenciam a intenção do comportamento humano [9]. Já na TAM está focado na aceitação da tecnologia

com base na Utilidade Percebida e Facilidade de Uso Percebida, que influenciam a atitude em relação ao uso e sua intenção de uso [10].

Com base nesses conceitos, organizaram-se os fatores que influenciam o uso das TD na construção identificados na literatura, conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**. Note-se que as caixas de texto indicadas por setas finas apresentam as 36 variáveis utilizadas no modelo. Destacou-se, também, os elementos advindos do TAM e da TPB (tracejados), bem como em contorno de linha traço ponto os constructos das normas subjetivas e em contorno pontilhado o constructo sobre a percepção de controle comportamental. As hipóteses estão nomeadas de H1a (+) até H8 (+), sendo o sinal entre parênteses indicando a expectativa da relação.

Figura 1 - Modelo teórico proposto



Fonte: dos autores.

MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa consistiu em uma *survey* [12] com uma abordagem quantitativa com objetivo descritivo [13]. Após uma revisão de literatura, identificaram-se os principais fatores que influenciam a adoção de TD no setor, e um modelo teórico que foi operacionalizado por meio de um questionário on-line, aplicado a profissionais do setor durante os meses de março e abril de 2024.

A amostragem foi não probabilística, por conveniência [14], com contato feito pelas redes sociais (Instagram e WhatsApp) e por e-mail. Estima-se que a divulgação alcançou em torno de 1000 pessoas, tendo recebido 154 respostas (15,4 %). Foi feita uma triagem inicial para identificação de respostas inconsistentes, o que resultou em uma amostra final de 144.

O questionário foi composto por três seções. A primeira parte consistiu na caracterização dos respondentes, contendo 10 perguntas. A segunda parte consistiu em uma caracterização geral da empresa e dos empreendimentos nos quais os respondentes atuavam, contendo 12 perguntas, bem como quais tecnologias das seguintes tecnologias eram aplicadas: 1) Big Data; 2) Blockchain; 3) Computação em Nuvem; 4) Veículos Aéreos Não Tripulados; 5) Gêmeo Digital; 6) Impressão 3D; 7) Inteligência Artificial; 8) Internet das Coisas; 9) Modelagem de Informação da Construção; 10) Realidade Aumentada; 11) Realidade Virtual; 12) Robótica; 13) Sensores; 14) Tecnologias Vestíveis. A terceira e última parte ficou composta por 36 asserções correspondente as variáveis do modelo que foram avaliadas por escala *Likert* de 10 pontos. Este artigo apresenta foca nos resultados da última seção, devido ao espaço aqui disponível. O questionário foi submetido à duas rodadas de pré-teste antes de sua aplicação.

A análise de dados se deu com a tabulação e tratamento dos dados e a posterior realização de análises estatísticas. A análise preliminar se deu por meio de estatísticas descritivas, bem como se verificou a normalidade por meio de estatísticas de assimetria e curtose e do teste de Kolmogorov-Smirnova (KS). Realizou-se uma análise de correlação e, subsequentemente, a Análise Fatorial Exploratória (AFE), empregando o Jamovi 2.2.5 e o IBM SPSS Statistics 21, e a Análise Fatorial Confirmatória (AFC) com modelagem de equações estruturais (MEE), utilizando o IBM SPSS Statistics 21 e o IBM SPSS® Amos.

Para as análises preliminares consideraram-se as seguintes medidas de referência [14]:

- Assimetria e curtose com valores limites de até 10;
- Teste de Kolmogorov-Smirnov (KS): p-value>0,05 para confirmar a hipótese de normalidade das variáveis.

Para análise de correlação usou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r), por se tratar de variáveis mensuradas em escalas, considerando as seguintes medidas de referência:

- Correlações estatisticamente significativas entre 0,2 e 0,9 [15];
- Maioria dos valores significativos e superiores a 0,3 [14].

Para AFC, utilizou-se o método da verossimilhança máxima com a rotação varimax, utilizando o critério da raiz latente, ou autovalores, no qual apenas os fatores que têm raízes latentes maiores que 1 são considerados significantes, e os demais, descartados [15]. Consideram-se as seguintes medidas de referência:

- Para avaliar a adequação da amostragem: Teste de esfericidade de Bartlett (p-value = 0,000) e Kaiser-Meyer-Olkin (KMO>0,5); medidas de adequação da amostra (MSA>0,5) [14];

- Para identificar a adequação dos itens aos fatores: comunalidade (>0,50) e as cargas fatoriais cruzadas (>0,70) – validade discriminante [14].;

- Confiabilidade/Consistência interna da escala: alfa de Cronbach's (α> 0,8) [16] e ômega de McDonald (ω>0,70) [17].

Para AFC, manteve-se o método da verossimilhança máxima com a rotação varimax, utilizando o critério da raiz latente, ou autovalores (eignevalues) [15]. Consideram-se as seguintes medidas de referência [15]:

- Hipótese de adequação dos itens aos fatores: p-value>0,05;

- Critical Ratio (CR) significativo ao nível p-value< 0,001

- Ajustes do modelo: Qui-quadrado (χ^2) (menor possível); Razão do Qui-quadrado e Graus de liberdade (χ^2/gl <5); Índice de Adequação do Modelo (TLI> 0,90); e índice de qualidade do ajuste (GFI>0,90); Índice de Ajuste Comparativo (CFI>0,95); Índice de Raiz Quadrada Média do Erro de Aproximação (RMSEA<0,08); Índice Raiz Quadrada Média Residual Padronizada (SRMR< 0,08); Índice de ajuste normalizado (NFI> 0,90);

A Modelagem por Equações Estruturais combina a análise de regressão múltipla e a análise fatorial para testar relações entre variáveis observáveis e latentes [14], [15]. Desta forma, consideram-se as medidas supracitadas na AFC para verificar a adequação de um modelo teórico proposto de forma integrada e, o teste Qui-quadrado (χ^2) significativo ao nível p-value< 0,05 e os coeficientes de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

PERFIL DOS RESPONDENTES, EMPRESAS E OBRAS

Inicialmente, realizou-se uma análise do perfil dos respondentes, das empresas e das obras para as 144 respostas válidas que compuseram a amostra da pesquisa. Com relação ao gênero, verificou-se uma predominância do masculino com 72% dos respondentes com a maioria na faixa etária de 20 e 29 anos (41%) e com 68% até 34 anos. Portanto, a amostra está majoritariamente composta por jovens adultos.

Com relação à formação e a titulação destes respondentes a maioria tem formação em Engenharia Civil (90%). A maioria dos participantes da amostra (71%) possui formação além da graduação sugerindo que são profissionais que valorizam a busca por aprimoramento de suas carreiras. Sobre o tempo de atuação, a maioria (61 %) possuindo mais de 5 anos de atuação, o que indica uma amostra constituída de profissionais com conhecimento de mercado.

Com relação ao nível de familiaridade com Tecnologias Digitais e com *Lean*, a maioria dos participantes (94%) indicou ter no mínimo de familiaridade com TD, sendo 57% assinalando um bom conhecimento. Já sobre o *Lean,* a maioria (78%) indicou um grau pelo menos razoável de familiaridade com a temática.

Quanto ao porte das empresas desses respondentes, a amostragem divide-se, apresentando uma média de 20 % entre as categorias, variando de um limite inferior de 12,5% (Grande Empresa) e um limite superior de 25,7 % (Média Empresa). Dessas

empresas, o tempo de atuação mais representativo foi de 1 e 5 anos (37,50 %) e a maioria de empresas com até 10 anos (69,44 %).

As cidades com mais representatividade foram Fortaleza-CE com 44 respondentes (30,56 %), seguidas de Juazeiro do Norte-CE com 23 participantes (15,97 %). Tal resultado esperado uma vez que corresponde ao estado dos pesquisadores. Entretanto, foi percebida a presença de 14 estados nacionais e o Distrito Federal, tendo uma boa representatividade do território nacional.

Quanto as obras, a maior representatividade são grande porte (25,69 %). Entretanto não é uma maioria significativa, já que a média do percentual dos portes das obras é 20%, entre um limite inferior de 12,50 % (Excepcional) e um limite superior de 25,69 % (Grande), demonstrando uma boa distribuição dos portes das obras. Em relação ao tipo de obra predominam Obras Residenciais Classe B (médio padrão) com 18,9 %, seguido de Comerciais com 17,5 % e Residenciais Classe A (alto padrão) com 15,8 %. A menor representatividade foi para "Outros" tipos que incluíram: Obras Particulares (Infraestrutura), Setor hospitalar, Patrimônio histórico, Logística, Usina solares, Energia e Mineração. O tipo de mão de obra com maior representatividade foi "Majoritariamente própria, com alguns serviços terceirizados" (31,9%), seguido de Terceirizada (28,5%).

ANÁLISE DO MODELO TEÓRICO PROPOSTO

ANÁLISE PRELIMINAR E DE CORRELAÇÃO

Inicialmente, para cada construto do modelo teórico proposto foi realizada uma análise estatística descritiva, contendo o percentual de respostas atribuído a cada valor de concordância da escala pelos respondentes (em que 1 significa discordo totalmente e 10 concordo totalmente), as médias, desvios-padrão e coeficiente de variação. Além disso, para verificação da normalidade dos dados da pesquisa, apresentou-se a assimetria e curtose e o teste Kolmogorov-Smirnov, bem como uma análise de correlação.

De maneira geral, o nível de concordância com as asserções propostas nos itens da escala foi bom, com cerca de 68% das respostas acima de 7, com variação de um mínimo de 24% das respostas acima de 7 para a variável AN2 e um máximo de 92% para AT1, AT2 e IU1. Com relação à normalidade, todos os resultados dos testes de Kolmogorov-Smirnov levaram à rejeição da hipótese de normalidade univariada para todos os itens (p-value = 0,000), ao nível de significância de 1%. Os valores mínimos e máximos de assimetria (em módulo 0,233 e 2,403) e curtose (em módulo 1,984 e 5,742) estão todos dentro da referência (<10). Em suma, as estatísticas indicaram a permanência das variáveis na análise.

Na análise de correlação, verificou-se que todas as correlações foram estatisticamente significativas e superiores a 0,3 ao nível 0,01, variando de 0,458 (entre AN1 e AN3) e 0,947 (entre AT1 e AT2). Esses valores sugerem que a utilização das variáveis é adequada à AFE.

Análise Fatorial Exploratória

Inicialmente, verificou-se a adequação da amostragem para todos os constructos, com todos os testes de esfericidade de Bartlett com resultados adequados (p-*value* = 0,000) e com todo os valores de KMO iguais ou superiores a 0,5, variando de 0,500, para o construto Facilidade de uso e para o constructo Uso Atual, e 0,922 para o construto Utilidade Percebida. As medidas de MSA também foram iguais ou superiores ao mínimo (MSA>0,5), variando de 0,500, para as variáveis do construto Facilidade de uso e do constructo Uso Atual, e 0,940 (UP2) no construto Utilidade Percebida.

Em seguida, para cada construto do modelo teórico proposto foi realizada uma análise fatorial, tendo se chegado à exclusão dos constructos Facilidade de Uso e Ambiente de Negócios devido às baixas comunalidades de seus itens, bem como a exclusão de CA1 (comunalidade de 0,475) no constructo Capacidade Atual.

Análise Fatorial Confirmatória com Modelagem de Equações Estruturais

A Tabela 1 apresenta uma síntese das principais medidas da AFC por constructo do modelo teórico para os construtos superidentificados (GL > 0).

Tabela 1: Síntese das principais medidas da AFC por constructo do modelo teórico

Fator/Medidas	UP	AT	AO	CE	RN
Nº de rotações	5,000	2,00	2,00	2,00	1,00
p-*value*	,067	0,267	0,776	0,585	0,431
χ^2	17,373	1,230	0,081	0,298	1,681
χ^2/gl (<5)	1,737	1,230	0,081	0,298	0,840
GFI (>0,90)	,966	0,996	1,000	0,999	0,994
CFI (>0,95)	,994	1,000	1,000	1,000	1,000
RMSEA	,072	0,040	0,000	0,000	0,000
Menor Carga fatorial	,768 (UP5)	0,706 (AT3)	0,806 (AO4)	0,888 (CE4)	0,810 (RN4)
Menor Comunalidade	,590 (UP5)	0,550 (AT3)	0,649 (AO4)	0,788 (CE4)	0,656 (RN4)
Menor CR^a	13,124 (UP5)	12,388 (AT1)	13,200 (AO1)	17,097 (CE1)	11,791 (RN3)
Variância Explicada (%)	80,735	81,503	81,865	86,765	74,606
Alfa de Cronbach (α>0,8)	,966	,915	0,946	,962	0,920
Ômega de McDonald (ω>0,7)	,968	,929	,947	,963	,921

[a]. Valores significativos a p < 0,001.

Fonte: dos autores.

Com esses resultados, considerados adequados, seguiu-se com a modelagem de equações estruturais, conforme síntese dos parâmetros apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros estimados padronizados e teste das hipóteses

Relação	Coef. Reg.	p-*value*	Hipótese	Resultado
UP→ AT	0,797	***	H1b	Aceita
AT→ IU	0,378	***	H1	Aceita
AO→ IU	0,183	0,016	H3	Aceita
CE→ IU	0,141	0,059	H4	Rejeitada
RN→ IU	0,399	***	H5	Aceita
RN→ CA	0,436	***	H6	Aceita
CA→ UA	0,579	***	H7	Aceita

Relação	Coef. Reg.	p-*value*	Hipótese	Resultado
IU→ UA	0,177	0,011	H8	Aceita

***: Significativo a p< 0,001.

Fonte: dados da pesquisa.

A hipótese H1b foi aceita ao nível 0,1 % com coeficiente de regressão forte (0,797), ou seja, "*a Utilidade Percebida influência positivamente a Atitude com Relação ao uso das Tecnologias Digitais*". Esse resultado corrobora com [5] de que a não percepção dos benefícios advindos do uso das TDs é um desafio à digitalização. O que também está alinhado com [18] que indicam que o benefício percebido tem um papel substancial tanto na implementação como na continuidade do uso das TDs.

A hipótese H1 de que "*a Atitude com Relação ao Uso das Tecnologias Digitais influência positivamente a Intenção de Uso das TDs no Setor de Construção Brasileiro*" foi aceita ao nível 0,1 % com coeficiente de regressão de 0,378. Tal resultado reforça [19] que reconhecem que o aumento da conscientização sobre os benefícios da adoção das TDs entre os funcionários melhora a vontade de adotá-las. Já H3 que aborda que os "*Aspectos Organizacionais influenciam positivamente a Intenção de Uso das TDs no setor da construção brasileiro*", foi aceita, mas ao nível de 5% com coeficiente de regressão de 0,183. O que está em linha com [5] que entendem que há necessidade de uma abordagem de cima para baixo (*top-down*) para que as TDs da indústria 4.0 penetrem no setor da construção.

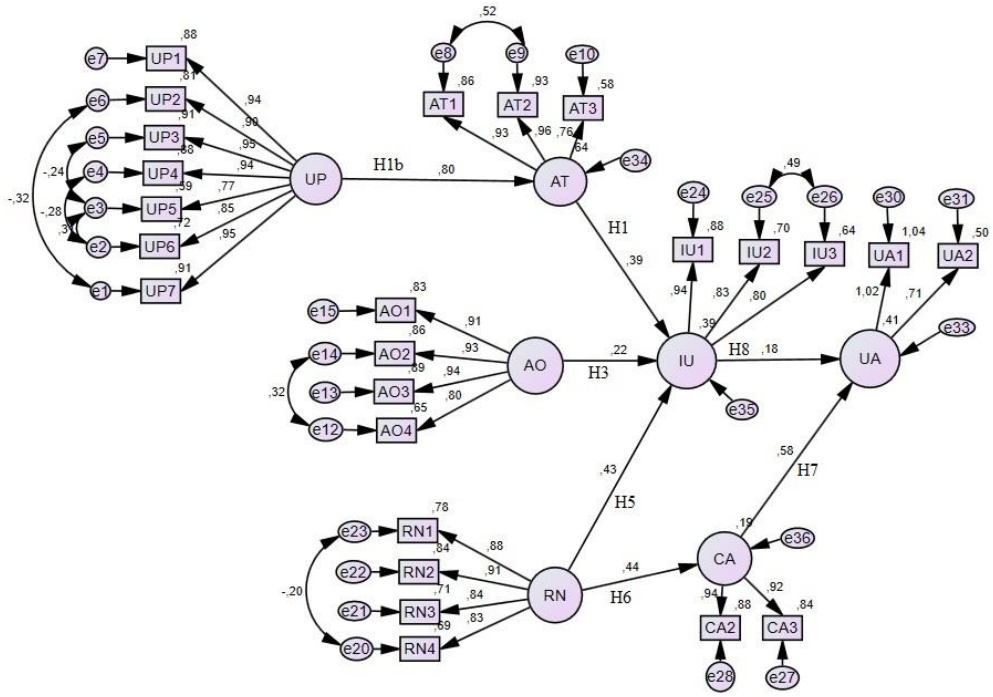
A hipótese H4 "*os princípios de Construção Enxuta influenciam positivamente a Intenção de Uso das TDs no Setor de Construção Brasileiro*" foi rejeitada, indicando que esse não é um fator determinante. [20] ressaltam que alguns profissionais separam a Construção Enxuta da digitalização, e que a digitalização por si só, não reduz perdas nem otimiza processos de acordo com os princípios da Construção Enxuta. Esses elementos podem tem influenciado a rejeião de H4. Já H5, que trata que "*os Recursos Necessários influenciam negativamente a Intenção de Uso das TDs no Setor de Construção Brasileiro*" e H6 de que "*os Recursos Necessários influenciam negativamente o Comportamento a Capacidade Atual"* foram aceitas ao nível de 0,1%. Esperava-se que H5 e H6 influenciassem de forma negativa, mas a amostra indica que, apesar de haver as barreiras para a implementação das TDs tratadas nos Recursos Necessários, os profissionais estão cientes da necessidade desses recursos. O que está alinhado com [21] para quem a conscientização sobre as TDs deve ser melhorada para integrá-las adequadamente na indústria da construção e [22] que identificaram um aumento considerável na conscientização sobras as TDs.

A hipótese H7 "*a Capacidade Atual influencia positivamente a propensão ao Uso das TDs*", foi aceita ao nível 0,1 % com coeficiente de regressão de 0,579. O que corrobora com [23] que também concluíram que a falta de capacidade e experiência foram as principais barreiras enfrentadas para a adoção das TDs, indicando a influência da capacidade atual sobre a propensão ao uso das TDs. Por último, H8 que trata de "*a Intenção de Uso das Tecnologias Digitais influencia positivamente o Uso de TDs*" foi aceita ao nível de 5% ($p < 0,05$), apesar de uma baixa correlação (0,177).

O modelo confirmou que a Intenção de Uso, relacionada a outras hipóteses que buscam explicar esse construto, como H1, H3, H4 e H5, aumenta a propensão ao Uso Atual das Tecnologias Digitais, o que sustenta o conceito fundamental por trás da elaboração do modelo.

Com isso, a Figura 2 apresenta um modelo final reespecificado.

Figura 2: Modelo final reespecificado



Fonte: dos autores.

O modelo definitivo foi testado e, com relação à confiabilidade, tanto alfa de Cronbach (α=0,954) quanto o Ômega McDonald's (ω=0,959) foram adequados. O valor de KMO (0,906), também foi adequado, assim como o teste de esfericidade de Bartlett. A matriz de correlações anti-imagem foi quase zero (<0,7) e o MSA foi de 0,947, também considerado adequado, assim como a variância explicada (73, 567 %).

Dos indicadores da AFC, apenas o p-value da estatística X^2 se mostrou inadequado. Dentre os índices de ajustamento, apenas GFI não foi atendido: X^2/GL = 1,998 (<5), GFI = 0,795 (>0,9), CFI = 0,935 (>0,90), RMSEA 0,084 (<0,08), NFI = 0,879 (> 0,90) e TLI = 0,925 (>0,9); SRMR 0,2938 (< 0,08). Com isso, o modelo foi considerado ajustado na análise de equações estruturais.

CONCLUSÃO

Esse estudo investigou os determinantes da propensão ao uso de TDs na construção civil brasileira. Por meio de uma *survey* com 144 profissionais de 14 estados do Brasil, foi possível testar um modelo teórico composto por 36 variáveis, organizadas em dez constructos, e tendo como pano de fundo a TPB e o TAM.

As análises fatorais, exploratória e confirmatória, levaram à redução do modelo para sete constructos e 20 variáveis, validando as hipóteses de que a utilidade percebida influência positivamente a atitude com relação ao seu uso das TD, juntamente com os Aspectos Organizacionais e os Recursos Necessários influenciam positivamente a Intenção de Uso das TDs. Os Recursos Necessários também influenciam positivamente a Capacidade Atual que, em conjunto com a Intenção de Uso, influenciam positivamente o Uso Atual de TDs.

Por outro lado, revelou que a facilidade de uso não é determinante para os participantes, sinalizando que para a propensão ao uso, o grau de facilidade envolvido no manuseio dessas tecnologias não é um fator determinante. Também revelou que o ambiente de negócios, investigado sob a forma de incentivo governamental, normatização e segurança de dados, não foi determinante. Ou seja, de que esses aspectos não são suficientes para estimular o uso de TD no setor, ou não são tidos como barreiras para a adoção. Ainda, a estabilidade da produção, investigada, por meio dos princípios da construção enxuta de melhorar dos fluxos de trabalho, minimizar as atividades que não agregam valor, diminuir a variabilidade do processo e desperdícios, não foi visto como determinante. Em outras palavras, independente desses aspectos de organização da produção, os respondentes têm usado TD. Isso pode estar por trás, inclusive, de uma limitação de aproveitamento dos potenciais benefícios dessas tecnologias.

Desta forma, pode-se concluir que o modelo estrutural é valido e permite uma maior compreensão sobre a propensão ao uso de tecnologias digitais no setor de construção brasileiro, sendo essa a principal contribuição do estudo. As diversas variáveis, associadas aos seus constructos e relações, revelam possibilidades de se investir em aspectos determinantes para o aumento do uso de Tecnologias Digitais no setor.

Como implicação, pode auxiliar gestores de empresas e pelos formuladores de políticas públicas interessados em promover a digitalização da construção, considerando como elemento precursor dessa digitalização, a aplicação das Tecnologias Digitais. Como estratégias apontam-se: ampliar a percepção dos profissionais do setor em relação aos potenciais benefícios advindos do uso das TDs; aprimorar as estruturas organizações para estimular e apoiar o uso das TDs; formar profissionais capacitados; prover incentivos que diminuam os custos associados às TDs.

Apesar das contribuições, o estudo apresenta limitações. Os dados foram levantados por questionários autoaplicáveis, que são mais propensos a vieses pela ocultação dos verdadeiros sentimentos dos participantes, limitando a qualidade e a validade dos dados. Pesquisas futuras podem se concentrar em como essas variáveis foram tratadas por empresas que possuem alto nível de uso de tecnologias. Por fim, os dados coletados estão geograficamente restritos ao Brasil, com concentração no estado do Ceará, limitando a generalização dos resultados que precisam ser interpretados com parcimônia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos participantes do estudo pela sua colaboração.

REFERÊNCIAS

[1] WANG, K.; GUO, F.; ZHANG, C.; SCHAEFER, D. From Industry 4.0 to Construction 4.0: barriers to the digital transformation of engineering and construction sectors. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 31, n. 1, p. 136–158, Jan. 2024. DOI: 10.1108/ECAM-05-2022-0383

[2] IKUABE, M.; AIGBAVBOA, C.; AKINRADEWO, O.; ADEKUNLE, S.; ADENIYI, A. Hindering factors to the utilization of UAVs for construction projects in South Africa. In: MODULAR AND OFFSITE CONSTRUCTION (MOC). **Summit Proceedings**, p. 154–160, set. 2022. DOI: 10.29173/mocs277

[3] VILAR, M. A. S. **Modelo de Aceitação da Tecnologia adaptado às compras online**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências da Comunicação) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2013. [Online]. Available: http://hdl.handle.net/10284/3942

[4] ALIU, J.; OKE, A. Construction in the digital age: exploring the benefits of digital technologies. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 13, n. 3, p. 412 – 429, May 2023, DOI: 10.1108/BEPAM-11-2022-0186.

[5] DOLLA, T.; JAIN, K.; DELHI, V. S. K. Strategies for digital transformation in construction projects: stakeholders' perceptions and actor dynamics for Industry 4.0. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon),** v. 28, p. 151-175, Feb. 2023, DOI: 10.36680/j.itcon.2023.008

[6] CHEN, X.; CHANG-RICHARDS, A. Y.; YIU, T. W.; LING, F. Y. Y.; PELOSI, A.; YANG, N. A multivariate regression analysis of barriers to digital technologies adoption in the construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, May 2023, DOI: 10.1108/ECAM-11-2022-1051

[7] CRIADO-PEREZ, C.; SHINKLE, G. A.; HÖLLERER, M. A.; SHARMA, A.; COLLINS, C.; GARDNER, N.; HAEUSLER, M. H.;PAN, S. Digital transformation in the Australian AEC industry: prevailing issues and prospective leadership thinking. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 148, n. 1, DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002214

[8] ZHANG, N.; YE, J.; ZHONG, Y.; CHEN Z. Digital Transformation in the Chinese Construction Industry: Status, Barriers, and Impact. **Buildings**, v. 13, n. 4, p. 1092, Apr. 2023. DOI: 10.3390/buildings13041092

[9] AJZEN, I. **The theory of Planned Behavior**, Organizational behavior and human decision processes, v. 50, pp. 179-211, 1991. DOI: 10.1080/10410236.2018.1493416

[10] DAVIS, F. D. **Perceived Useful, perceived ease use, and user acceptance of information technology**. MIS Quarterly, v. 13, n. 3, pp. 319–340, 1989.

[11] OKE, A. E.; ALIU, J.; SINGH, P. S. J.; ONAJITE, S. A.; SAMSURIJAN, M. S.; RAMLI, R. A. Appraisal of awareness and usage of digital technologies for sustainable wellbeing among construction workers in a developing economy. **International Journal of Construction Management**, v. 24, n. 5, p. 521–529, 3 Apr. 2024. DOI: 10.1080/15623599.2023.2179628

[12] COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 12. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

[13] COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração:** um guia prático para alunos de graduação e pós-graduaçao. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

[14] HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

[15] COSTA, F. J. **Mensuração e desenvolvimento de escalas: aplicações em Administração**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

[16] CRONBACH, L. J. **Coefficient alpha and the internal structure of tests**. Psychometrika, v. 16, n. 3, p. 297–334, Sept. 1951, DOI: 10.1007/BF02310555

[17] MCDONALD, R. P. **Test Theory: A Unified Treatment.** New York: Routledge, 2011. DOI: 10.2307/2669496

[18] BAJPAI, A.; MISRA, S.C. Barriers to implementing digitalization in the Indian construction industry. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 39, n. 10, p. 2438-2464, 2022. DOI: 10.1108/IJQRM-09-2020-0318

[19] ALTAN, E.; IŞIK, Z. Digital twins in lean construction: a neutrosophic AHP – BOCR analysis approach. **Engineering, Construction and Architectural Management**, 2023. DOI: 10.1108/ECAM-11-2022-1115

[20] UVAROVA, S. S.; ORLOV, A. K.; KANKHVA, V. S. Ensuring Efficient Implementation of Lean Construction Projects Using Building Information Modeling. **Buildings**, V. 13, n. 770, 2023. DOI: 10.3390/buildings13030770

[21] OKE, A. E.; ALIU, J.; ONAJITE, S.; SIMEON, M. Success factors of digital technologies (DT) tools adoption for sustainable construction in a developing economy. **Construction Innovation**, 2022. DOI: 10.1108/CI-08-2022-0207

[22] OKE, A. E.; ALIU, J.; SINGH, P. S. J.; ONAJITE, S. A.; SAMSURIJAN, M. S.; RAMLI, R. A. Appraisal of awareness and usage of digital technologies for sustainable wellbeing among construction workers in a developing economy. **International Journal of Construction Management**, V. 24, n. 5, p. 521-529, 2024. DOI: https://doi.org/10.1080/15623599.2023.2179628.

[23] OKE, A. E.; ALIU, J.; ONAJITE, S. A. Barriers to the adoption of digital technologies for sustainable construction in a developing economy. **Architectural Engineering and Design Management**, p. 1–17, 2023. DOI: 10.1080/17452007.2023.2187754.