

UMA ANÁLISE COGNITIVA DAS INFLUÊNCIAS DAS DIRETRIZES DE LAYOUT EM MODELOS DE PROCESSOS

LENYLDA MARIA DE SOUZA ALBUQUERQUE
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE)

RAFAEL BATISTA DUARTE
UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO (UPE)

DENIS SILVA DA SILVEIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE)

UMA ANÁLISE COGNITIVA DAS INFLUÊNCIAS DAS DIRETRIZES DE *LAYOUT* EM MODELOS DE PROCESSOS

1. INTRODUÇÃO

A gestão de processos de negócio (do inglês, *Business Process Management* ou BPM) é amplamente adotada pelas organizações com o objetivo de aprimorar suas estratégias e obter vantagens competitivas (MENDLING, et al., 2018). Nesse contexto, a modelagem de processos de negócio é uma abordagem organizada e estruturada para analisar, melhorar, controlar e gerenciar processos (DUMAS et al., 2018), resultando na criação de diagramas de processos de negócio (do inglês, *Business Process Diagram* ou BPD), que são representações abstratas de um processo, usando símbolos gráficos que facilitam a compreensão por gestores e desenvolvedores de sistemas, revelando a essência de um domínio (HARMON, 2019).

Um processo é definido como um conjunto de atividades encadeadas que ocorrem ao longo do tempo e espaço, produzindo produtos ou serviços para os *stakeholders*, com início e fim determinados e com entradas e saídas bem definidas (DUMAS et al., 2018). Os processos podem ser documentados formalmente ou informalmente, mas independentemente da sua natureza, é importante utilizar técnicas de modelagem apropriada, considerando as características dos artefatos gráficos. A representação de um BPD deve ser clara, precisa e ter qualidade gráfica para lidar com a limitada capacidade cognitiva dos seres humanos, uma vez que raramente conseguimos compreender completamente um domínio (MENDLING, 2008; MILLER et al., 2004). Portanto, é crucial que um BPD represente o conhecimento de maneira clara, organizada e estruturada para uma interpretação precisa.

Com o objetivo de melhorar a modelagem e facilitar a compreensão dos BPD, vários autores propuseram diretrizes e padrões (MENDLING, 2013; LEOPOLD et al., 2016; KOSCHMIDER; FIGL; SCHOKNECHT, 2016; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2017). Essas diretrizes orientam a modelagem e possibilitam melhorias nos processos, garantindo um entendimento preciso. Diagramas mal projetados prejudicam significativamente a compreensibilidade e sua utilidade (SHARIF; MALETIC, 2010).

1.1 *Problema de Pesquisa*

Em geral, um BPD tem como objetivo apoiar e descrever aspectos relevantes de um domínio do mundo real. No entanto, é importante considerar um fator crítico associado a um BPD, pois ele reflete uma postura epistemológica positivista, na qual os projetistas propõem um diagrama (ou modelo) de processo baseado em suas próprias percepções, que muitas vezes são influenciadas por suas percepções subjetivas (SCHÜETTE; ROTTHOWE, 1998). Em outras palavras, um BPD é sempre o resultado de uma tarefa não-determinística que requer padrões para alcançar um certo nível de intersubjetividade. Portanto, é comum que modelos de processos apresentem problemas de modelagem, como erros de fluxo de controle, estruturas e *layouts* mal projetados (MENDLING; STREMBECK, 2008; LEOPOLD et al., 2016), o que pode prejudicar significativamente sua compreensão.

Neste sentido, para aumentar a compreensão de todos os *stakeholders*, diretrizes de modelagem (do inglês: *Guidelines of Modeling* ou GoM) podem ser utilizadas (MENDLING, 2013; LEOPOLD et al., 2016; KOSCHMIDER; FIGL; SCHOKNECHT, 2016; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ et al., 2017), com o objetivo de melhorar a compreensibilidade dos modelos de processos por meio de um bom *layout*.

Nesse sentido, diversas pesquisas (SHARIF; MALETIC, 2010a, 2010b, 2009; STÖRRLE, 2011, 2012, 2014, 2016; STÖRRLE et al., 2014) afirmam que um bom *layout* proporciona maior satisfação aos usuários. Essa afirmação se baseia na ideia de que é necessário compreender primeiro um BPD para identificar oportunidades de melhoria. No entanto, ainda existe um problema significativo com essas diretrizes de *layout*, pois elas não foram submetidas a um estudo cognitivo que avalie seus efeitos na compreensibilidade dos

modelos de processos (FIGL, 2017). Portanto, a questão de pesquisa que orientou esta investigação foi: quais são as influências das diretrizes de *layout* na compreensibilidade dos modelos de processos, sob a ótica cognitiva?

1.2 Objetivo

Considerando que a notação dos modelos de processos de negócio (do inglês, *Business Process Model and Notation* ou BPMN) é amplamente adotada na academia e na indústria, este artigo tem como objetivo analisar as influências das diretrizes de *layout* na compreensibilidade dos BPDs em BPMN, sob uma perspectiva cognitiva.

Para atingir esse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: (i) identificar na literatura as diretrizes de *layout* relevantes para os BPDs em BPMN; (ii) especificar um *quasi*-experimento utilizando sensores biométricos para investigar o impacto das diretrizes de *layout* nos BPDs em BPMN; (iii) analisar e discutir os resultados obtidos a partir do *quasi*-experimento; e (iv) descrever os resultados encontrados com base nas análises e discussões realizadas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Eficácia Cognitiva

A eficácia cognitiva está relacionada à aquisição de conhecimento em termos de exatidão, velocidade e facilidade, dependendo de como uma representação (modelo ou símbolo gráfico) é processada pela mente humana (MOODY, 2009). Dentro deste conceito, a pesquisa cognitiva em modelos busca compreender os fatores relacionados à compreensão, análise ou criação dos modelos (GEMINO; WAND, 2004), medindo a qualidade de uma linguagem visual na comunicação (MOODY, 2009). Sendo dessa forma consenso que os modelos devem ser cognitivamente eficazes, exigindo um *design* consistente.

Resumidamente, os diagramas não são automaticamente eficazes apenas por serem gráficos, pois quando mal projetados, eles podem ser menos eficazes do que o próprio texto. Logo, é fundamental considerar os aspectos cognitivos ao criar e utilizar modelos de processos, garantindo sua efetividade na transmissão de informações.

2.2 Compreensão de Processos de Negócio

A compreensão dos processos de negócio é crucial para as organizações (REIJERS et al., 2011), pois agrega valor aos stakeholders e contribui para o desempenho organizacional (ABPMP, 2015). A compreensão dos modelos de processos depende de fatores pessoais e do próprio modelo, como a notação, o *layout* visual, a modularidade e as diretrizes de modelagem (DIKICI et al., 2018). No entanto, criar um *layout* amigável e compreensível para todos os *stakeholders* é um desafio devido às diferenças de conhecimento e à complexidade dos processos de negócio (MENDLING et al., 2010), onde um *design* mal elaborado pode levar os *stakeholders* a uma compreensão equivocada.

Neste contexto, a próxima seção apresenta algumas boas práticas (ou diretrizes) de *layout* que visam melhorar a compreensibilidade dos modelos de processos.

2.3 Diretrizes de Layout

As diretrizes de *layout* consistem em orientações para o design gráfico de modelos de processos, fornecendo uma variedade de normas visuais para aprimorar sua aparência. Essas diretrizes incluem o uso de cores para destacar elementos, a busca por simetria nos elementos gráficos e a redução dos fluxos de sequência, entre outros fatores que não fazem parte da notação formal (SCHREPFER et al., 2009).

Neste trabalho, as seguintes diretrizes foram extraídas da literatura: (D1) Utilizar cores para realçar os elementos do modelo (REIJERS et al., 2011); (D2) Minimizar a área de desenho do modelo, preferencialmente em uma única página (BERNSTEIN; SOFFER, 2015); (D3) Orientar o fluxo do processo da esquerda para a direita (LEOPOLD et al., 2016; BERNSTEIN; SOFFER, 2015; FIGL; STREMBECK, 2014); (D4) Reduzir o número de curvas no fluxo de sequência (SCHREPFER et al., 2009); (D5) Minimizar o número de cruzamentos de fluxo de

sequência (SCHREPFER et al., 2009); (D6) Evitar a sobreposição de elementos (SCHREPFER et al., 2009; BERNSTEIN; SOFFER, 2015; LEOPOLD et al., 2016); (D7) Utilizar elementos de forma simétrica entre si (LEOPOLD et al., 2016; SCHREPFER et al., 2009; BERNSTEIN; SOFFER, 2015); e (D8) Manter elementos relacionados próximos uns dos outros (SCHREPFER et al., 2009; LEOPOLD et al., 2016).

3. METODOLOGIA

Conforme destacado por Lakatos e Marconi (2010), o conhecimento científico é adquirido por meio de procedimentos sistemáticos, com o objetivo de descobrir, explicar e compreender os fatos em uma realidade (PRODANOV; FREITAS, 2013). É importante apresentar esses procedimentos de forma a viabilizar e garantir a aquisição do conhecimento científico, assegurando o nível de cientificidade da pesquisa, bem com sua facilidade de entendimento e replicação dos resultados (GIL, 2008; COOPER; SCHINDLER, 2003).

Quanto a natureza, esta pesquisa adotou uma abordagem exploratória e descritiva, buscando aprofundar o conhecimento conceitual relacionado ao tema em questão (CHURCHILL JR., 2012). Inicialmente, foram realizadas pesquisas bibliográficas, seguidas da realização de um *quasi*-experimento para validação empírica, com o intuito de descrever as características do fenômeno em uma determinada população (GIL, 2008), e estabelecer relações entre o conhecimento cognitivo e as diretrizes de *layout*. Portanto, essa abordagem pode ser considerada como descritiva.

Em relação ao método, esta pesquisa, adotou uma estratégia com métodos mistos, buscando observar se as diretrizes de *layout* influenciam a compreensão dos modelos de processos em BPMN de forma cognitiva, comparado modelos com e sem as diretrizes de *layout*. Essa abordagem combina elementos da pesquisa quantitativa e qualitativa para obter uma compreensão mais abrangente e aprofundada do fenômeno em estudo (CRESWELL, 2013).

Como estratégia de pesquisa, optou-se em realizar um *quasi*-experimento, no qual os participantes executam tarefas de compreensão em modelos de processos com e sem diretrizes de *layout*. Segundo Wohlin et al. (2012), um *quasi*-experimento é uma investigação empírica na qual apenas características dos participantes são observadas, ou seja, não há atribuição aleatória de tratamento. O objetivo é verificar se o *layout* facilita ou não a compreensão dos modelos de processo.

Dentro deste contexto, para representar de forma esquemática a ordem lógica seguida nesta pesquisa, o *quasi*-experimento foi estruturado em etapas, conforme sugerido por Wohlin et al. (2012), sendo elas: escopo, planejamento, operação, análise e discussões, e apresentação. A seção que segue apresenta o *quasi*-experimento, passando por todas essas etapas de forma detalhada.

4. QUASI-EXPERIMENTO

O *quasi*-experimento, aqui apresentado, foi realizado pelos pesquisadores e contou com a participação de 42 indivíduos, incluindo profissionais e estudantes de pós-graduação na área de gestão de processos. Para tal, dois modelos de processos em BPMN foram utilizados, ambos com o mesmo propósito, sendo um deles elaborado com as diretrizes de *layout* e o outro sem as diretrizes. Nas próximas subseções, uma descrição detalhada do *quasi*-experimento, seguindo a abordagem proposta por Wohlin et al. (2012).

4.1 Escopo

O escopo deste *quasi*-experimento foi usar sensores biométricos para analisar a eficácia cognitiva das diretrizes de *layout* para verificar a compreensão dos modelos de processos em BPMN. Dessa forma, o escopo concentrou-se em comparar a compreensão dos modelos com e sem a aplicação dessas diretrizes, no contexto dos profissionais e pós-graduandos na área de gestão de processos, ao interpretarem os respectivos modelos.

4.2 Planejamento

Seguindo os princípios de Wohlin *et al.* (2012), a etapa de planejamento foi estruturada em sete atividades, que são apresentadas a seguir: (i) selecionar contexto; (ii) formular hipóteses; (iii) selecionar as variáveis; (iv) selecionar os participantes; (v) definir os instrumentos, (vi) executar o teste piloto; e (vii) validar o planejamento.

4.2.1 Selecionar Contexto

O contexto deste *quasi*-experimento foi estruturado em torno de uma atividade de leitura e interpretação de um modelo BPMN, realizada em um ambiente controlado. Esse ambiente foi criado em uma sala com acesso restrito, permitindo apenas presença de dois pesquisadores e um participante por vez.

Assim, ao entrar na sala, o participante era apresentado a uma carta de consentimento, pois apenas com o seu consentimento ele poderia prosseguir para as etapas seguintes. Após concordar, o participante preenchia um questionário sociocultural. Ao concluir esse questionário, ele era apresentado ao conjunto ferramental utilizado, que consistia no próprio modelo (com ou sem as diretrizes de *layout*) e sensores biométricos não invasivos, incluindo rastreamento ocular e medição de ondas cerebrais, com o auxílio de um eletroencefalograma (EEG).

Após essa apresentação e com os sensores devidamente instalados no participante, ele iniciava a avaliação do modelo, respondendo a 14 questões relacionadas à exatidão do modelo em análise. Se os participantes estivessem avaliando o modelo com as diretrizes, eles respondiam o questionário de exatidão com as diretrizes. Caso contrário, eles respondiam o questionário sem as diretrizes. Por fim, após responder a esse questionário, o participante era apresentado ao questionário sobre a facilidade de uso, que também variava de acordo com o tipo de modelo avaliado pelo participante.

4.2.2 Formular Hipóteses

Como mencionado anteriormente, este *quasi*-experimento baseou-se no conceito da eficácia cognitiva, que, de acordo com Moody (2009), é determinado pela exatidão, velocidade e facilidade com que os participantes compreendem os modelos. Nesse contexto, para abordar a questão de pesquisa definida, foram estabelecidas duas hipóteses. A hipótese nula (H_0), que tem o objetivo de determinar se a compreensão dos modelos não é influenciada pelas diretrizes, ou seja, se não há diferença significativa entre o uso ou não das diretrizes de *layout*. Por outro lado, a hipótese alternativa (H_1), que se contrapõe à nula, indicando que a compreensão de um modelo de processos em BPMN é influenciada pelas diretrizes de *layout*, ou seja, existe diferença significativa entre usar ou não as diretrizes de *layout*. A seguir essas duas hipóteses juntamente com os seus desdobramentos são apresentados:

- H_0 : a utilização das diretrizes de *layout* não tem influência na compreensão dos modelos de processos em BPMN.
 1. $H_{0-Exatidão}$: a utilização das diretrizes de *layout* não tem influência na exatidão da compreensão dos modelos de processos em BPMN;
 2. $H_{0-Velocidade}$: a utilização das diretrizes de *layout* não tem influência na velocidade da compreensão dos modelos de processos em BPMN;
 3. $H_{0-Facilidade}$: a utilização das diretrizes de *layout* não tem influência na facilidade da compreensão dos modelos de processos em BPMN.
- H_1 : a utilização das diretrizes de *layout* tem influência na compreensão dos modelos de processos em BPMN.
 1. $H_{1-Exatidão}$: a utilização das diretrizes de *layout* tem influência na exatidão da compreensão dos modelos de processos em BPMN;
 2. $H_{1-Velocidade}$: a utilização das diretrizes de *layout* tem influência na velocidade da compreensão dos modelos de processos em BPMN;

3. $H_{1\text{-Facilidade}}$: a utilização das diretrizes de *layout* tem influência na velocidade da compreensão dos modelos de processos em BPMN.

4.2.3 Selecionar Variáveis

De acordo com a definição das hipóteses, foram especificadas as variáveis independentes (de causa) e dependentes (de efeito) que foram observadas durante a condução deste *quasi*-experimento. Dessa forma, a variável independente foi definida como “*layout*”, bom (com diretrizes) ou mau (sem diretrizes), e a variável dependente foi definida como “*compreensão*”. Assim, a variável dependente da hipótese $H_{1\text{-Exatidão}}$ está relacionada à quantidade de respostas corretas dos participantes que utilizaram os modelos de processos com as diretrizes de *layout*, comparada aos participantes que responderam analisando os modelos de processos sem as diretrizes. Para isso, foram consideradas apenas as regiões no modelo de processos que continham pelo menos uma diretriz de *layout*, em comparação com as mesmas regiões nos modelos sem diretrizes.

A variável dependente da hipótese $H_{1\text{-Velocidade}}$ está relacionada ao tempo médio gasto pelos participantes para responder corretamente as questões do questionário de exatidão quando avaliavam os modelos com as diretrizes de *layout*, em comparação com o tempo médio dos participantes que responderam aos questionários de exatidão dos modelos sem as diretrizes.

No que diz respeito à variável dependente $H_{1\text{-Facilidade}}$, ela está relacionada à percepção de facilidade que os participantes tiveram ao responder o questionário de facilidade em relação aos modelos de processos com e sem as diretrizes de *layout*. Para medir essa percepção, foi utilizada uma escala do tipo *Likert*, que varia desde “*muito simples*” até “*muito complexo*”, “*muito fácil*” até “*muito difícil*” ou “*discordo totalmente*” até “*concordo totalmente*”, de acordo com a percepção dos participantes.

4.2.4 Selecionar Participantes

A escolha de estudantes de pós-graduação para compor a população deste *quasi*-experimento foi justificada com base na orientação de Ávila (2018), que argumenta que esse grupo tende a estar mais motivados para aprender e aplicar novos conhecimentos, além de não se limitar a replicar aprendizados adquiridos por experiência de trabalho anterior. Além disso, a seleção de profissionais levou em consideração a orientação de Wohlin *et al.* (2012), destacando a relevância de profissionais experientes em modelagem de processos, uma vez que esse fator é determinante para a compreensão dos modelos de processo.

Dentro desse contexto, a composição do grupo de participantes para realização deste *quasi*-experimento precisava atender a uma condição essencial: o conhecimento do BPMN na modelagem de processos. Com base nessa condição, 93 possíveis participantes foram convidados, mas apenas 66 aceitaram o convite imediatamente. No entanto, em virtude de viagens profissionais, problemas de saúde e de agenda, apenas 48 participantes puderam participar. Entre esses, 5 foram excluídos por não atenderem ao critério ideal estabelecido durante a calibragem do rastreador ocular, que era de no mínimo 3 estrelas, conforme indicado pelo fabricante. Esse critério é detalhado de forma mais abrangente na operacionalização deste *quasi*-experimento. Além desses participantes, um outro participante também não foi considerado devido a problemas técnicos na gravação dos seus dados biométricos. Portanto, a população final do *quasi*-experimento consistiu em 42 participantes.

4.2.5 Definir Instrumentos

De acordo com Lakatos e Marconi (2010), a definição e a apresentação dos instrumentos em uma pesquisa científica é fundamental, a fim de permitir sua replicação por outros pesquisadores. Portanto, os seguintes instrumentos foram utilizados nesta pesquisa: (i) Modelos de processos de negócio em BPMN com diretrizes de *layout* (Modelos CD) e sem diretrizes de *layout* (Modelos SD); (ii) Rastreador ocular; (iii) Eletroencefalograma (EEG); (iv) Questionário sociocultural; (v) Questionário de exatidão com e sem as diretrizes de *layout*; e (vi) Questionário de facilidade com e sem as diretrizes de *layout*;

4.2.6 Executar Teste Piloto

Durante o planejamento, é essencial garantir a adequada realização da experimentação para evitar problemas futuros. Desta forma, testes piloto foram conduzidos para validar a operacionalização do *quasi*-experimento, especialmente em relação à integração e exportação dos dados biométricos coletados. Assim, cinco participantes, incluindo três estudantes de pós-graduação e dois profissionais da área, foram envolvidos nos testes piloto.

Esses testes forneceram aprendizados valiosos, resultando em ajustes para evitar problemas que poderiam comprometer os resultados desta pesquisa. Foram realizados os seguintes ajustes: (i) melhor posicionamento dos participantes em relação ao rastreamento ocular para evitar que saíssem do alcance do sensor; (ii) verificação da calibração do dispositivo de rastreamento ocular para garantir dados confiáveis; (iii) fixação mais segura do cabo USB do rastreamento ocular para evitar desconexões; (iv) troca de pilha do dispositivo EEG após duas sessões para evitar possíveis desligamentos; (v) utilização de dois ambientes distintos para controlar o estado emocional dos participantes durante o preenchimento do questionário sociocultural.

Com base nessas lições aprendidas durante o teste piloto, o procedimento do *quasi*-experimento foi reavaliado e ajustado, incorporando as melhorias necessárias. Importante ressaltar que os dados coletados dos cinco participantes no teste piloto não foram incluídos na análise dos resultados devido aos problemas ocorridos. Portanto, apenas os dados obtidos após os ajustes do teste piloto foram considerados.

4.2.7 Validar Planejamento

De acordo com Wholin *et al.* (2012), é fundamental considerar a validade dos resultados de um experimento desde o planejamento, afim de garantir uma abordagem adequada. A falta de identificação e tratamento de ameaça pode comprometer os resultados e invalidar todo o estudo.

Logo, neste *quasi*-experimento, foram consideradas e tratadas as seguintes ameaças: (i) ameaças à conclusão dos participantes devido a possíveis interrupções durante a experimentação. Para evitar essa ameaça, foram selecionados ambientes isolados e silenciosos, permitindo apenas um participante por vez, com o celular desligado, na condução da experimentação; (ii) Ameaças à validade interna, relacionadas às expectativas dos pesquisadores e dos participantes. Para evitar essa ameaça, o diálogo entre os pesquisadores e os participantes foi restrito a explicações e esclarecimento de dúvidas, sem expressar nenhuma opinião; (iii) Ameaças à validade externa, relacionadas à seleção de participantes que não representam a população. Essa ameaça foi evitada pela seleção de indivíduos com habilidades acadêmicas ou profissionais em modelagem de processos em BPMN; (iv) Ameaças à validade do construto, caracterizadas como ameaças sociais para validar o construto. Para mitigar essa ameaça, os participantes foram informados de que não estavam sendo avaliados nas tarefas do *quasi*-experimento e foram fornecidas explicações detalhadas sobre os dispositivos biométricos para familiarizá-los com esses instrumentos. Essas medidas foram tomadas justamente com a explicação prévia de todos os procedimentos do *quasi*-experimento.

4.3 Operação

De acordo com Wholin *et al.* (2012), a operacionalização do experimento deve seguir três fases: (i) preparação, que envolve contextualizar os participantes sobre a pesquisa, preparar o ambiente e os instrumentos a serem utilizados; (ii) execução, que trata da realização efetiva do *quasi*-experimento; e (iii) validação, que se refere à garantia da validação dos dados coletados.

4.3.1 Fase de Preparação

O *quasi*-experimento foi operacionalizado com a participação de dois pesquisadores. Durante a fase de preparação, um dos pesquisadores (*Pesquisador B*) ficou responsável por preparar o ambiente para a execução do experimento, enquanto o outro pesquisador

(*Pesquisador A*) recebia os participantes, explicando todo o processo e obtendo o consentimento por meio da assinatura da carta de consentimento. No ambiente preparado havia uma separação física para a realização das fases de preparação e execução, realizadas em locais distintos na mesma sala.

4.3.2 Fase de Execução

Na fase de execução, logo após a assinatura da carta de consentimento, o participante era conduzido pelo *Pesquisador A* para preencher o questionário sociocultural. Em seguida, o participante era encaminhado para um ambiente diferente, mas na mesma sala, onde seriam apresentados aos dispositivos biométricos a serem utilizados nas atividades seguintes, com o rastreador ocular e o EEG.

Após o primeiro contato com os dispositivos biométricos, o participante era convidado a realizar a calibração do rastreado ocular, um procedimento essencial para o prosseguimento do experimento. Neste estudo, o protocolo adotado seguiu o mesmo conceito, oferecendo ao participante três tentativas para alcançar a calibração ideal.

Uma vez que o rastreador ocular (*Eye Tribe Tracker*) estivesse devidamente calibrado, ele seria apresentado ao questionário de exatidão, onde todos os seus dados biométricos seriam registrados para cada pergunta do questionário. Ou seja, tanto os dados visuais capturados pelo *Eye Tribe Tracker* quanto as suas ondas cerebrais, nível de atenção e carga de trabalho mental seriam automaticamente armazenados em uma base de dados para futuras consultas.

Por fim, ainda dentro desta fase, o *Pesquisador A* apresentaria o questionário de facilidade para avaliar a percepção do participante em relação à facilidade do preenchimento do questionário de exatidão.

4.3.3 Fase de Validação

Na fase de validação, o objetivo é garantir a integridade dos dados biométricos coletados, evitando possíveis perdas devido a problemas de comunicação entre os instrumentos utilizados e o sistema de captura. O *Pesquisador B* foi o responsável por realizar essa validação dos dados. Caso algum erro fosse identificado por ele, uma exceção era registrada e o estado anterior do banco de dados, antes da participação do indivíduo, era restaurado. Isso significa que os dados desse participante foram considerados inválidos. É importante destacar que, para evitar qualquer viés, o participante não era solicitado a refazer a operação, uma vez que já teve um contato inicial com o modelo utilizado. Para evitar constrangimentos, o participante não era informado sobre essa invalidação. No entanto, se o *Pesquisador B* não identificasse nenhum problema, os dados biométricos eram validados e o processo seguia normalmente.

Por fim, o *Pesquisador A*, por medida de segurança, cadastrava os dados dos questionários sociocultural e de facilidade armazenados, aguardando a análise de dados, que ocorriam apenas após a conclusão desta etapa operacional.

4.4 Análise e Discussões

Nesta etapa, procedeu-se à interpretação, análise e discussão dos dados coletados por meio dos instrumentos utilizados durante a execução das tarefas pelos participantes na experimentação. Para garantir uma discussão consistente, os dados foram analisados considerando a literatura relevante e a abordagem cognitiva adotada neste estudo. Para uma melhor organização, os resultados obtidos estão agrupados da seguinte forma: (i) resultados relacionados à análise convencional, que se baseiam nos dados coletados por meio dos questionários sociocultural e de facilidade, com e sem as diretrizes de *layout*; e (ii) resultados obtidos a partir dos dados biométricos capturados durante o preenchimento do questionário de exatidão.

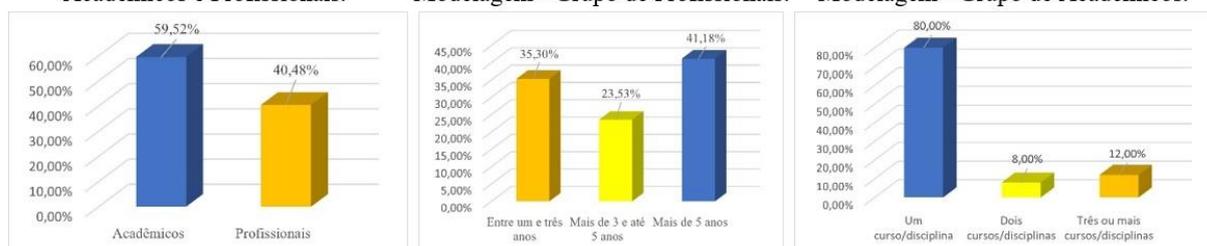
4.4.1 Análise Convencional

Nesta análise, realizou-se um levantamento do perfil dos participantes por meio do questionário sociocultural, além da análise descritiva dessas questões. Também foram

apresentados os questionários de facilidade tanto para os participantes que utilizaram o modelo com as diretrizes de *layout*, como para os que não utilizaram.

Em relação à experiência com modelagem de processos de negócio, a maioria dos participantes (25 de um total de 42) destacou ter experiência acadêmica, conforme ilustrado no gráfico 1 da Figura 1. Dos participantes com experiência profissional, sete têm mais de 5 anos de atuação, seis têm entre 1 e 3 anos, e quatro têm entre 3 e 5 anos de atuação, como mostrado no gráfico 2 da mesma figura. No grupo de participantes acadêmicos, a maioria havia realizado apenas 1 curso/disciplina, enquanto dois participantes haviam realizado 2 cursos/disciplinas, e três participantes haviam realizado 3 ou mais cursos/disciplinas, conforme ilustrado no gráfico 3 da mesma figura.

Figura 1. Gráficos Sobre o Tipo de Atuação e o Tempo de Atuação dos Participantes.
Gráfico 1 – Grupo de Participantes Acadêmicos e Profissionais. Gráfico 2 - Tempo de Atuação com Modelagem - Grupo de Profissionais. Gráfico 3 - Tempo de Atuação com Modelagem - Grupo de Acadêmicos.



Com já mencionado, em relação ao questionário de facilidade, eles foram aplicados tanto para os participantes que usaram o modelo CD como para os que usaram SD. Então, a partir desses questionários, foi possível realizar uma análise descritiva e comparativa em relação às respostas fornecidas pelos grupos distintos.

Após os participantes terem respondido o questionário de exatidão em relação aos modelos, o questionário de facilidade foi aplicado como última etapa. Neste questionário, os 42 participantes responderam oito questões específicas, alinhadas com o modelo que cada participante utilizou. Se um participante realizou o estudo com o modelo CD, ele responderia ao questionário de facilidade correspondente, e o mesmo acontecia para o caso do modelo SD.

No que diz respeito à complexidade dos modelos utilizados (CD e SD), foi observada uma tendência de maior complexidade no modelo SD, uma vez que nenhum participante que analisou o modelo CD indicou essa alternativa. No entanto, ao analisar as alternativas intermediárias do gráfico, “*Simples*” e “*Complexo*”, é possível notar um paradoxo: os modelos com diretrizes foram considerados tanto mais simples quanto e mais complexos do que os sem diretrizes. Em relação à alternativa “*Mais Simples*”, ambos os modelos foram avaliados de forma semelhantes pelos participantes.

Quanto ao nível de dificuldade encontrado nos modelos, nenhum participante indicou a alternativa “*Muito difícil*”. Por outro lado, apenas um participante que avaliou o modelo SD sinalizou a alternativa “*Muito fácil*”. No que diz respeito à alternativa “*Fácil*”, ela foi sinalizada por 12 participantes que avaliaram o modelo CD e 11 participantes que avaliaram o modelo SD. Já a alternativa “*Difícil*” foi escolhida pelo mesmo número de participantes para ambos os modelos, ou seja, 9 participantes.

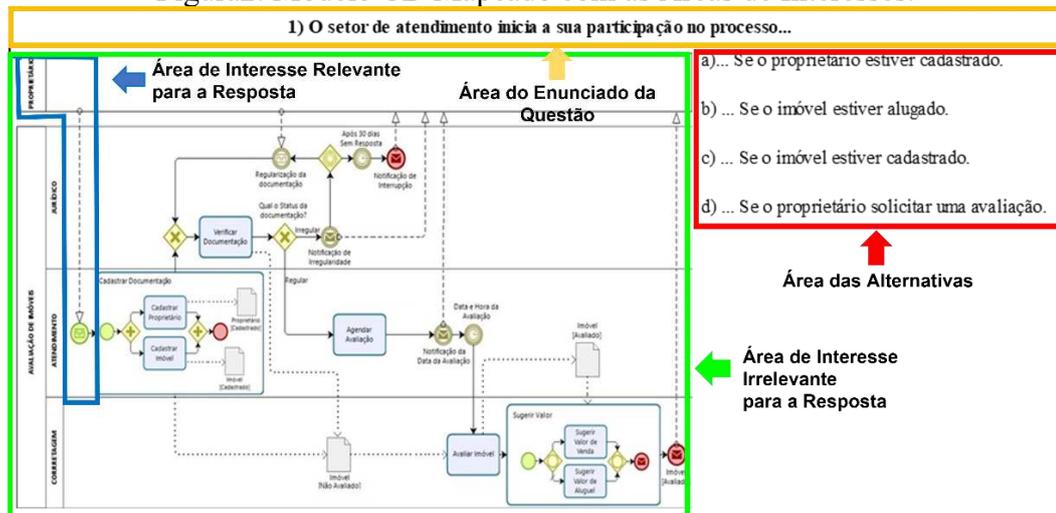
Para avaliar a influência das cores nos modelos, o modelo CD foi apresentado com cores distintas em todos os artefatos, enquanto o modelo SD não apresentava cores. No modelo CD, dos 21 participantes, 17 indicaram que o uso das cores é uma característica importante. Em contraste, no modelo SD, 16 participantes apontaram que a ausência de cores afeta a compreensibilidade, enquanto 5 discordaram. Com base nessas respostas, é possível inferir que, de acordo com esses participantes, a inclusão ou ausência de cores nesse tipo de modelo, de fato, influencia na compreensibilidade.

4.4.2 Análise dos Dados Biométricos

De acordo com Busjahn *et al.* (2015), a fixação do olhar desempenha um papel crucial na captura de informações e no processamento cognitivo durante a realização de tarefas. Neste estudo, foram utilizadas medidas específicas para analisar o efeito do uso das diretrizes de *layout* nos modelos BPMN na compreensibilidade dos participantes.

Os dados do rastreamento ocular foram coletados durante as tarefas de compreensão realizadas pelos participantes, focando em áreas específicas, incluindo: (i) o enunciado da questão; (ii) as alternativas de respostas, (iii) os elementos gráficos no modelo que correspondem às diretrizes analisadas, ou seja, a área de interesse relevante para encontrar a resposta correta; e (iv) as demais áreas do modelo que não são relevantes para responder à questão. A Figura 2 ilustra essas áreas em relação à primeira questão do questionário de exatidão do modelo CD.

Figura2. Modelo CD Mapeado com as Áreas de Interesses.



Com base nessas áreas, os dados biométricos capturados pelo rastreamento ocular foram analisados, considerando as seguintes métricas: fixações em áreas de interesse relevantes (*fixRel*) e irrelevantes (*fixIrrel*). Além disso, as médias das ondas cerebrais *alpha* e *gamma*, coletadas pelo dispositivo EEG (*neurosky*), foram utilizadas como variáveis de atenção e dispersão dos participantes, representadas pelas variáveis *avgAlpha* e *avgGamma*.

A análise estatística realizada para avaliar a compreensão em relação à eficácia cognitiva, nas dimensões de exatidão, velocidade e facilidade, concentrou-se nas seguintes variáveis: (i) *fixRel* para a contagem de fixações relevantes (exatidão); (ii) *fixIrrel* para a contagem de fixações irrelevantes (exatidão); (iii) *avgAlpha* a média das ondas *alpha* (exatidão); (iv) *avgGamma* a média das ondas *gamma* (exatidão); (v) *duration* o tempo de resposta do participante (velocidade); (vi) *avgDurFixRel* a duração média das fixações relevantes (facilidade); e (vii) *avgDurFixIrrel* a duração média das fixações irrelevantes (facilidade).

Para verificar os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variáveis, foram realizados os testes de *Shapiro-Wilk* (normalidade) (SHAPIRO; WILK, 1965) e Levene (homogeneidade de variâncias) (SCHULTZ, 1985). Após a verificação da normalidade, alguns testes de *Shapiro-Wilk* rejeitados, tornando desnecessário o teste de homogeneidade de variâncias. Dessa forma, optou-se pelo uso do teste não-paramétrico de *Mann-Whitney* (MCKNIGHT; NAJAB, 2010) para manter a uniformidade nas análises. A Tabela 1 apresenta os resultados do teste de *Mann-Whitney*, destacando as questões com diferença estatisticamente significativa.

Tabela 1. Sumarização dos Resultados do teste de *Mann-Whitney*.

Questão	Contagem de fixação irrelevante (<i>fixIrrel</i>)		<i>avgGamma</i>		<i>Duration</i> (ms)		Duração média de fixações irrelevantes (<i>AvgDurFixIrrel</i>)	
	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>	W	<i>p-value</i>
3	111	0.0061	167	0.1824	195	0.5294	209	0.7820
4	146	0.0627	144	0.0559	210	0.8014	149	0.0741
5	160.5	0.1344	184	0.3651	195	0.5294	134	0.0305
6	235.5	0.7153	157	0.1130	145	0.0592	246	0.5294
11	138.5	0.0403	192	0.4812	195	0.5294	176	0.2684
13	146	0.0627	179	0.3024	260	0.3266	174	0.2472

p-value < 0.10

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com Laue e Gadatsch (2010), um método comum para avaliar a compreensibilidade de modelos é atribuir perguntas aos sujeitos experimentais sobre o conteúdo desses modelos e mensurar a assertividade de suas respostas. Logo, neste estudo, foi utilizado o questionário de exatidão para essa tarefa. Após a aplicação do questionário aos dois grupos, foi realizado uma análise estatística utilizando o teste não-paramétrico de *Mann-Whitney* para todas as questões. Para ratificar ou refutar a hipótese nula, foi utilizado o *p-value* com nível de significância de α igual 10% (0,10).

Dentro deste contexto, inicialmente foi calculado algumas medidas descritivas dos dados, agrupando sempre o grupo de interesse, com diretrizes (CD) e sem diretrizes (SD), para cada questão, dividindo esses valores pela quantidade de acertos e erros. Para cada variável mencionada, em cada questão, foi calculado o número de participantes que acertaram, erraram, a média e o desvio padrão.

Uma visão geral da exatidão das respostas dos participantes, através das fixações irrelevantes (*fixIrrel*), pode ser observada na Tabela 2. A Tabela 3 apresenta os valores relacionados à onda *gamma* (*avgGamma*) no mesmo contexto. Já a Tabela 4 destaca a variável *duration* (em milissegundos). Por fim, a Tabela 5 exibe os dados relacionados à facilidade, representada pela duração média das fixações irrelevantes dos participantes (*avgDurfixIrrel*). É importante destacar que essas tabelas foram construídas apenas com as questões validadas como estatisticamente significativas, relacionadas às dimensões de exatidão, velocidade e facilidade, que definem a análise cognitiva dos participantes.

Tabela 2. Avaliação da Exatidão – *fixIrrel*.

Questão	Modelo	Status da Resposta	Média	Média Global	Questão	Modelo	Status da Resposta	Média	Média Global
3	CD	11 Acertos	307,27	349,81	11	CD	10 Acertos	285,30	309,86
		10 Erros	396,60				11 Erros	332,18	
	SD	12 Acertos	502,50	585,52		SD	6 Acertos	298,83	467,24
		9 Erros	696,22				15 Erros	534,60	
4	CD	12 Acertos	336,17	365,67	13	CD	16 Acertos	169,49	231,13
		9 Erros	405,00				5 Erros	428,40	
	SD	9 Acertos	569,78	644,67		SD	11 Acertos	205,82	414,24
		12 Erros	700,83				10 Erros	643,50	

Ao analisar a Tabela 2, é possível observar que em todas as questões estatisticamente significativas, a média de fixações irrelevantes (*fixIrrel*) no modelo CD, é consistentemente menor do que no modelo SD. A maior média de fixações irrelevantes no modelo CD foi observada na questão 4, com uma média de 336,17 fixações irrelevantes para 12 participantes

que acertaram a questão. No entanto, no modelo SD, a maior média de acertos foi na mesma questão, com média de 569,78 fixações irrelevantes para 9 participantes que acertaram. Essa comparação também pode ser aplicada às médias de erros em todas as questões, comparando os mesmos modelos CD e SD. Em geral, as médias de fixações irrelevantes nos modelos CD foram menores do que nos modelos SD.

Portanto, fica evidente que a média de fixações em áreas irrelevantes no modelo SD é consistentemente maior do que no modelo CD. Isso indica que a falta de diretrizes no modelo SD resultou em dificuldades para os participantes encontrarem as respostas corretas, levando-os a passar a maior parte do tempo em áreas irrelevantes e, conseqüentemente, cometerem erros nessas questões. Os resultados apresentados na Tabela 2 sugerem que o modelo SD requer uma maior concentração para uma compreensão aprimorada dos modelos BPMN e, portanto, um melhor desempenho em termos de assertividade nas respostas.

A Tabela 3 apresenta a média na variável *avgGamma*, que reflete o nível de ondas *gamma* relacionadas à atenção dos participantes ao realizar uma tarefa. Essa média está associadas ao estado cognitivo, como alerta, agitação e gestão das informações. Vale ressaltar que somente a quarta questão apresentou significância estatística, portanto, a tabela exibe apenas os dados dessa questão.

Tabela 3. Avaliação da Exatidão – *avgGamma*.

Questão	Modelo	Status da Resposta	Nº	Média	Média Global
4	CD	Acerto	12	8191.95	7427.41
		Erro	9	6408.01	
	SD	Acerto	9	9382.06	10278.58
		Erro	12	10950.96	

Na Tabela 3, observa-se que as médias das ondas *gamma* no modelo CD são menores em comparação ao modelo SD, tanto para erros quanto para acertos. Isso indica uma maior carga de trabalho mental nas tarefas relacionadas ao modelo SD. A variável *avgGamma* está diretamente relacionada à carga de trabalho mental, ou seja, quanto maior a carga de trabalho mental, maior a onda *gamma*. Conforme ilustrado na tabela, os participantes que executam tarefas de compreensão no modelo SD enfrentam uma carga de trabalho mental maior ao entender o modelo BPMN SD, em comparação aos participantes que executam a mesma tarefa com o modelo CD.

A Tabela 4, relacionada à avaliação da velocidade, apresenta-se a média da variável *duration*, que representa o tempo médio gasto pelos participantes nas questões. Ao comparar os modelos CD e SD, apenas a sexta questão se destaca como estatisticamente significativa.

Tabela 4. Avaliação da Velocidade – *Duration* (ms).

Questão	Modelo	Status da Resposta	Média	Média Global
6	CD	20 Acertos	36195.98	35253.46
		1 Erro	16403.00	
	SD	19 Acertos	41944.79	45122.19
		2 Erros	75307.50	

Ao analisar a variável *duration* (*milissegundos*), na Tabela 4, observa-se que, em geral, os participantes que responderam ao modelo CD tiveram um desempenho melhor em termos de assertividade e velocidade nas respostas, em comparação aos participantes que responderam questões sobre o modelo SD. O modelo CD parece ser mais compreensível, uma vez que os participantes precisaram de menos tempo para responder corretamente às questões relacionadas a esse modelo, em comparação ao modelo SD. Isso indica que o modelo CD permitiu respostas mais rápidas e precisas por parte dos participantes.

Na Tabela 5, são apresentadas as médias de duração de fixações em áreas irrelevantes (*AvgDurFixIrrel*) durante as respostas dos participantes às questões, de forma geral.

Ao analisar o tempo médio de duração das respostas dos participantes, percebe-se que, em geral, aqueles que responderam ao modelo CD passaram menos tempo em áreas irrelevantes, ou seja, em áreas que não oferecem possibilidade de acertos, em comparação aos participantes que responderam ao modelo SD. Com base nesses resultados, podem ser inferidas duas possíveis razões. Em primeiro lugar, o modelo CD possui uma organização visual presumivelmente mais compreensível, o que permitiu respostas corretas mesmo sem fixar o olhar nas áreas de interesse relevantes. Em segundo lugar, pode-se inferir que quanto maior a média de fixação em áreas irrelevantes, ou seja, em área sem indícios de resposta correta, maior é a probabilidade de erro na questão, especialmente quando o modelo não está intuitivamente organizado com as diretrizes, como evidenciado na Tabela 5. Conclui-se, portanto, que os participantes que responderam ao modelo CD tiveram mais facilidade nas questões em comparação àqueles que responderam o modelo SD.

Tabela 5. Avaliação da Facilidade – *avgDurFixIrrel*.

Questão	Modelo	Status da Resposta	Média	Média Global
4	CD	12 Acertos	77.02	108,92
		9 Erros	151.45	
	SD	9 Acertos	162.87	
		12 Erros	127.39	
5	CD	12 Acertos	50.00	48.70
		9 Erros	22.67	
	SD	12 Acertos	79.39	
		9 Erros	95.94	

5.1 Validação das Hipóteses

Neste estudo, foram estabelecidas duas hipóteses, uma nula e outra alternativa, relacionadas à exatidão, velocidade e facilidade dos modelos BPMN, considerando a presença ou ausência de diretrizes. Os resultados do teste de *Mann Withney* confirmaram a hipótese alternativa (H_1), indicando a influência das diretrizes na compreensibilidade dos modelos.

Em relação à exatidão, a variável *fixIrrel* apresentou significância estatística (ver Tabela 1), evidenciando que o modelo CD teve melhor compreensibilidade em comparação ao modelo SD (ver Tabela 2). Isso resultou em maior assertividade nas respostas, mesmo sem focar nas áreas de interesse relevantes. A variável *avgGamma* também refletiu uma carga de trabalho mental maior nos modelos SD em comparação aos modelos CD (ver Tabela 3).

No que diz respeito à velocidade, tanto a significância estatística (ver Tabela 1) quanto a variável *duration* (em milissegundos) (ver Tabela 4) indicaram um melhor desempenho do modelo CD em termos de assertividade e tempo de resposta, demonstrando sua maior compreensibilidade em comparação aos modelos SD.

Em relação à facilidade, a variável *avgDurfixIrrel* apresentou significância estatística (ver Tabela 1), mostrando que um modelo visualmente organizado, com diretrizes de *layout* adequadamente inseridas, facilita a compreensibilidade, mesmo sem focar nas áreas de interesse relevantes (ver Tabela 5).

De forma geral, foram encontradas evidências estatisticamente significativas em seis questões, considerando um nível de significância de 10%, para as diferentes variáveis, o que indica diferença entre o grupo que utilizou o modelo CD e o grupo que utilizou o modelo SD (ver Tabela 1). Essas diferenças foram observadas na contagem de fixações irrelevantes (*fixIrrel*) nas questões 3, 4, 11 e 13 (ver Tabela 2), na média das ondas *gamma* (*avgGamma*) na questão 4 (ver Tabela 3), na duração (*duration*) na questão 6 (ver Tabela 4) e na duração média de fixações irrelevantes (*avgDurFixIrrel*) nas questões 4 e 5 (ver Tabela 5). No entanto, não

foram encontradas evidências estatisticamente significativas para afirmar que há diferença na utilização dos dois modelos (CD e SD) nas variáveis: contagem de fixações relevantes (*fixRel*), média das ondas *alpha* (*avgAlpha*) e duração média de fixações relevantes (*avgDurFixRel*).

5.2 Validação das Diretrizes de Layout

Com base nas análises relacionadas, foi realizada uma correlação entre as questões estatisticamente significativas, as diretrizes de *layout* e os elementos em BPMN testados em cada questão (ver Tabela 6).

Tabela 6. Questões Estatisticamente Significativas *versus* Diretrizes de *Layout*.

Questão	Artefato	Diretrizes
3	Gateway Paralelo	Usar cores para destacar os elementos do modelo; minimizar o número de curvas nos fluxos de sequência; simetria nos elementos do modelo; e manter próximos elementos que têm o mesmo objetivo.
4	Loop	Usar cores para destacar os elementos do modelo; fluir o processo da esquerda para a direita; minimizar o número de curvas nos fluxos de sequência; evitar o cruzamento dos fluxos de sequência; simetria nos elementos do modelo; e manter próximos elementos que têm o mesmo objetivo.
5	Pré-Condição da Atividade	Usar cores para destacar os elementos do modelo; minimizar o número de curvas nos fluxos de sequência; evitar o cruzamento dos fluxos de sequência; e simetria nos elementos do modelo.
6	Gateway Exclusivo	Usar cores para destacar os elementos do modelo e fluir o processo da esquerda para a direita.
11	Evento de Mensagem	Usar cores para destacar os elementos do modelo; fluir o processo da esquerda para a direita; minimizar o número de curvas nos fluxos de sequência; evitar o cruzamento dos fluxos de sequência; e simetria nos elementos do modelo.
13	Atividade	- Manter próximos elementos que têm o mesmo objetivo.

Observando a Tabela 6, é possível identificar as diretrizes que se mostraram relevantes do ponto de vista cognitivo para melhorar a compreensão dos modelos de processo em BPMN.

A diretriz “*Usar cores para destacar os elementos do modelo*” foi evidenciada em todas as questões estatisticamente significativas. Essa diretriz também recebeu um forte apoio por parte dos participantes, conforme indicado pelo questionário de facilidade. No grupo que respondeu ao modelo CD, 80,95% concordaram ou concordaram totalmente que o uso de cores influencia na compreensibilidade. No grupo que respondeu ao modelo SD, esse percentual foi de 76,19% concordaram ou concordaram totalmente que a ausência de cor influencia a compreensibilidade dos modelos de processo em BPMN.

As diretrizes “*Minimizar o número de curvas nos fluxos de sequência*”, “*Evitar o cruzamento dos fluxos de sequência*” e “*Fluir o processo da esquerda para a direita*” estão relacionadas aos diferentes tipos de *gateways* e são fundamentais para a tomada de decisão no modelo de processo. Essas diretrizes não apenas estão presentes nas questões identificadas na Tabela 6, mas também são respaldadas pelo questionário de facilidade. No modelo CD, nenhum participante indicou dificuldade nas tomadas de decisão, enquanto apenas um pequeno percentual de 4,76% dos participantes relatou dificuldade no modelo SD, o que indica uma melhor compreensibilidade do modelo CD.

As diretrizes “*Simetria nos elementos do modelo*” e “*Manter próximos elementos que têm o mesmo objetivo*” estão relacionadas à organização dos modelos de processos. Essas diretrizes podem ser correlacionadas com a facilidade de compreensão dos participantes, conforme revelado pelo questionário de facilidade. De maneira geral, a maioria dos participantes que responderam ao modelo SD relatou uma maior dificuldade em comparação ao modelo CD, concordando ou concordando parcialmente que a organização percebida do modelo SD dificultou a compreensão. Com base nessa perspectiva, é possível inferir que o modelo CD apresenta melhor compreensibilidade.

6. CONCLUSÃO

Este estudo realizou um *quasi*-experimento para verificar a compreensão cognitiva dos modelos BPMN em relação às diretrizes de *layout*. Foram utilizados dois modelos: um com as diretrizes e outro sem. O objetivo foi analisar o impacto dessas diretrizes na compreensão dos modelos, considerando as dimensões da eficácia cognitiva, ou seja, exatidão, velocidade e facilidade.

Os resultados foram interpretados com base na estatística descritiva e no teste de hipótese de *Mann-Whitney*, com um *p-value* < 0,10. Essa análise foi conduzida após a coleta de dados por meio de um questionário de exatidão e incluiu variáveis como *fixRel*, *fixIrrel*, *avgAlpha* e *avgGamma* para mensurar a exatidão, e a variável *duration* para mensurar a velocidade de resposta. Também foram utilizadas as variáveis *avgDurFixRel* e *avgDurFixIrrel* para avaliar a facilidade.

Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significativas entre o modelo CD e o modelo SD em relação à compreensão. As variáveis *fixIrrel* e *avgGamma* confirmaram a influência das diretrizes no modelo CD, indicando uma melhor compreensão com a presença das diretrizes. Da mesma forma, a variável *duration* revelou uma diferença estatisticamente significativa na velocidade de resposta, indicando uma maior velocidade de entendimento no modelo CD em comparação com o modelo SD.

No que diz respeito à facilidade, a variável *avgDurFixIrrel* mostrou uma diferença estatisticamente significativa na duração das fixações irrelevantes, com vantagem para o modelo CD. Isso indica uma maior facilidade nas tarefas relacionadas ao modelo CD em comparação com o modelo SD.

Com base nessas análises, pode-se concluir que as diretrizes de *layout* desempenham um papel crucial na compreensão dos modelos BPMN, beneficiando tanto os *stakeholders* envolvidos na análise e tomada de decisões quanto aqueles responsáveis pela implementação dos processos. Recomenda-se a aplicação dessas diretrizes em todos os modelos BPMN, considerando os resultados obtidos neste estudo (ver Tabela 6).

Este estudo preencheu uma lacuna ao analisar as diretrizes de *layout* em modelos BPMN, com o objetivo de aprimorar a compreensibilidade sob a perspectiva da eficácia cognitiva. Por meio de um *quasi*-experimento envolvendo acadêmicos e profissionais da área de processos, esta pesquisa ofereceu contribuições relevantes nos seguintes aspectos:

- Especificação de um *quasi*-experimento para analisar o desempenho dos participantes na compreensão de modelos de processos, comparando a utilização de diretrizes de *layout* com sua ausência;
- Destacar a importância do *layout* na compreensibilidade dos modelos de processos, incentivando uma melhor compreensão;
- Restringir o uso de construções inadequadas, reduzindo a complexidade e o número de erros na modelagem de processos.
- Exploração do uso de dispositivos biométricos, como o rastreamento ocular e EEG, para melhorar o desenvolvimento dos modelos de processos.

Por fim, este artigo contribuir com a compreensibilidade dos modelos de processos, ao analisar as diretrizes de *layout*. Essas contribuições beneficiam tanto os profissionais envolvidos quanto o campo da modelagem de processos em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPMP – Association of Business Process Management Professionals. BPM CBOK V3.0: guia para o gerenciamento de processos de negócio (3ª ed). ABPMP Brasil, 2015.

BERNSTEIN, V.; SOFFER, P. How does it look? exploring meaningful layout features of process models. *Advanced Information Systems Engineering Workshops*, v. 215, n. 1, p. 81–86, 2015.

BUSJAHN, T., BEDNARIK, R., BEGEL, A., CROSBY, M., PATERSON, J. H., SCHULTE, C., TAMM, S. Eye movements in code reading: Relaxing the linear order. In 2015 IEEE 23rd International Conference on Program Comprehension (pp. 255-265), 2015. IEEE.

CHURCHILL JR., G. A. A Paradigm for Developing Better Measures of for Constructs. *Journal of Marketing Research*, v. 16, n. 1, p. 64–73, 2012.

COOPER, Donald R.; SCHINDLER, Pamela S. *Métodos de pesquisa em administração*. 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

CRESWELL, J. W. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage, 2013.

DIKICI, A., TURETKEN, O., DEMIRÖRS, O. Factors influencing the understandability of process models. *Information and Software Technology*, v. 93, Issue C, p. 112–129, 2018.

DUMAS, M.; ROSA, M.; MENDLING, J.; REIJERS, H.A. *Fundamentals of Business Process Management*, 2nd ed., Springer, Berlin, Heidelberg, 2018. DOI: 10.1007/978-3-662-56509-4.

FIGL, K.; STREMBECK, M. On the importance of flow direction in business process models. In: *Proceedings of the 9th International Conference on Software Engineering and Applications*. 2014. p. 132–136.

FIGL, K. Comprehension of procedural visual business process models: A literature review. *Business and Information Systems Engineering*, Springer Fachmedien Wiesbaden, v. 59, n. 1, p. 41–67, 2017. ISSN 18670202.

GEMINO, A.; WAND, Y. A framework for empirical evaluation of conceptual modeling techniques. *Requirements Engineering*, Springer, v. 9, n. 4, p. 248–260, 2004.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HARMON, Paul. *Business Process Change - A Business Process Management Guide for Managers and Process Professionals*. 4th ed. Elsevier Inc., 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02868-9>.

KOSCHMIDER, A.; FIGL, K.; SCHOKNECHT, A. Uma visão abrangente do visual design de rótulos de elemento de modelo de processo. In: REICHERT, M.; REIJERS, HA (Ed.). *Workshops de gerenciamento de processos de negócios*. Cham: Springer International Publishing, 2016. v. 256, p. 571–582. ISBN 978-3-319-42886-4 978-3-319-42887-1.

LAKATOS, E.; MARCONI, M. Fundamentos da metodologia científica. In: *Fundamentos da metodologia científica*. 2010. p. 320-320.

LAUE, R; GADATSCH, A. Measuring the understandability of business process models-Are we asking the right questions? In: *International Conference on Business Process Management*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 37-48.

LEOPOLD, H.; MENDLING, J.; GÜNTHER, O. Learning from quality issues of bpmn models from industry. *CEUR Workshop Proceedings*, v. 1701, n. 1, p. 36–39, 2016.

MCKNIGHT, P.; NAJAB, J. Mann-Whitney U Test. *The Corsini encyclopedia of psychology*, 1-1, 2010.

MENDLING, J.; STREMBECK, M. Influence Factors of Understanding Business Process Models. In: *Business Information Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 142–153, 2008.

MENDLING, J; REIJERS, H.A.; VAN DER AALST, WIL, M. P. Seven Process Modeling Guidelines (7PMG). *Information and Software Technology*. v. 52, n. 2, p. 127-136. 2010.

MENDLING, J. Gerenciando a qualidade estrutural e textual de modelos de processos de negócios. In: *Notas de aula sobre processamento de informações de negócios*. [Sl]: Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. v. 162, p. 100-111. ISBN 9783642409189.

MENDLING J.; et al. Blockchains for Business Process Management - Challenges and Opportunities. *ACM Transactions on Management Information Systems*, v. 9, n. 1, p. 1-16, 2018. <https://doi.org/10.1145/3183367>.

MILLER, Stephen J., SCOTT, Kendall., UHL, Axel., WEISE, Dirk. *MDA Distilled: Principles of Model-Driven Architecture*. São Paulo: Pearson. 2004.

MOODY, D. The "physics" of notations: a scientific approach to designing visual notations in software engineering. In: 2010 ACM/IEEE 32nd International Conference on Software Engineering. IEEE, 2009. p. 485-486.

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

REIJERS, H.A., MENDLING, J.: A study into the factors that influence the understandability of business process models. IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part A Systems and Humans, v. 41, n. 3, p. 449–462, 2011. DOI:10.1109/TSMCA.2010.2087017.

REIJERS, H. A.; MENDLING, J.; DIJKMAN, R. M. Human and automatic modularizations of process models to enhance their comprehension. Information Systems, Elsevier, v. 36, n. 5, p. 881–897, 2011. ISSN 03064379.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; GARCÍA, F.; Ruiz, F.; PIATTINI, M. A case study about the improvement of business process models driven by indicators. Software & Systems Modeling, Springer Berlin Heidelberg, v. 16, n. 3, p. 759–788, 2017. ISSN 1619-1366.

SCHREPFER, M., WOLF, J., MENDLING, J., REIJERS, H.A. The Impact of Secondary Notation on Process Model Understanding. In: Persson, A., Stirna, J. (eds) The Practice of Enterprise Modeling. PoE. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 39. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. DOI:10.1007/978-3-642-05352-8_13.

SCHÜETTE, Reinhard.; ROTTHOWE, Thomas. (1998). The Guidelines of Modeling - An Approach to Enhance the Quality in Information Models. In: Ling, T.-W., Ram, S., Li Lee, M. (eds.). Conceptual Modeling – ER '98. Heidelberg: Springer, vol. 1507, 1998. p. 240–254., https://doi.org/10.1007/978-3-540-49524-6_20.

SCHULTZ, B. Levene's test for relative variation. Systematic Zoology, 34(4), 449-456, 1985.

SHAPIRO, S.; Wilk, M. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika, 52(3/4), 591-611, 1965.

SHARIF, B.; MALETIC, J., “An eye tracking study on the effects of layout in understanding the role of design patterns”. In IEEE International Conference on Software Maintenance, ICSM 2010 (2010a), pp. 1–10. ISSN: 1063-6773.

SHARIF, B.; MALETIC, J., “The effects of layout on detecting the role of design patterns”. in 23rd CSEE&T, 2010. IEEE. 2010 (2010b), pp. 41–48.

SHARIF, B.; MALETIC, J., “An empirical study on the comprehension of stereotyped UML class diagram layouts”. In Program Comprehension, 2009. ICPC '09. IEEE 17th International Conference on (2009), pp. 268–272. ISSN: 1063-6897.

STÖRRLE, H., “On the impact of layout quality to understanding UML diagrams”. In 2011 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing. 2011, pp. 135–142.

STÖRRLE, H., “On the impact of layout quality to understanding UML diagrams: Diagram type and expertise”. In Proceedings of IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing, VL/HCC (2012), pp. 49–56. ISSN: 19436092.

STÖRRLE, H., “On the impact of layout quality to understanding UML diagrams: size matters”. In International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems. Springer. 2014, pp. 518–534.

STÖRRLE, H., “Diagram Size vs. Layout Flaws: Understanding Quality Factors of UML Diagrams”. In Proceedings of the 10th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. ACM. 2016, p. 31.

STÖRRLE, H.; BALTSSEN, N.; CHRISTOFFERSEN, H.; MAIER, A. “On the impact of diagram layout: How are models actually read?” In CEUR Workshop Proceedings. Vol. 1258. 2014, pp. 31–35.

WOHLIN C, RUNESON P, HÖST M, OHLSSON MC, REGNELL B, WESSLÉN A. Experimentation in software engineering. Springer, Berlin, 2012.