

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO

ANÁLISE DE RISCOS EM PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE SOFTWARE
APS APOIADA EM TÉCNICAS DE CLUSTERIZAÇÃO

Pedro de Paula Odorize

Orientador: Michel José Anzanello, Ph.D.

PORTO ALEGRE

Agosto/2023

RESUMO

A capacidade de identificar e analisar potenciais ameaças ao sucesso de projetos possibilita a implementação de medidas preventivas visando reduzir as probabilidades de insucesso. A literatura tem enfatizado a importância de realizar uma categorização empírica das fontes e tipologias de riscos associados aos projetos de desenvolvimento e implementação de software. No entanto, apesar dessas orientações, existem escassas ferramentas e informações à disposição dos gestores de projetos de implementação de softwares Advanced Planning and Scheduling (APS). Assim, o presente artigo teve como propósito realizar uma análise abrangente e delinear as dimensões de risco que exercem maior impacto sobre o êxito dos projetos de implementação do software APS. Adicionalmente, foram concebidos planos de ação distintos, direcionados às dimensões de maior preponderância. Para isso, foram utilizadas técnicas multivariadas como Análise de Componentes Principais (ACP) e técnicas de clusterização. Os resultados desta análise forneceram informações e análises relevantes no contexto da análise de riscos, não somente para a empresa objeto deste estudo, mas também para outras organizações que estejam envolvidas na implementação atual ou futura do software APS.

Palavras-chave: *Análise de Riscos; Fatores de Risco; Advanced Planning and Scheduling; Software APS; Clusterização.*

1.INTRODUÇÃO

A integração de sistemas de informação tem se tornado um requisito crucial em uma variedade de setores industriais, abrangendo diversas áreas e processos organizacionais. Os méritos inerentes a essa integração englobam vantagens abrangentes, incluindo melhorias substanciais no desempenho da organização (Hendricks et al., 2007; Sabherwal et al., 2006). Isso não apenas reforça sua posição como um ativo valioso, mas também contribui para estabelecer os diferenciais competitivos essenciais às empresas.

Neste contexto, ganha destaque a notável quantidade de projetos de implementação de sistemas de informação que acabaram por não alcançar seus objetivos, frequentemente devido ao acentuado aumento de sua complexidade (Nelson, 2007). De acordo com o relatório CHAOS do Standish Group de 2020, a taxa global de sucesso em projetos de tecnologia da informação foi de 31,1%, enquanto a taxa de insucesso atingiu 52,7%. Adicionalmente, 16,2% dos projetos foram classificados como "em crise", indicando que estavam atrasados, excediam o orçamento estipulado ou não conseguiram atender às demandas do cliente.

Conforme destacado pelo PMI (2012), um projeto pode ser conceituado como um esforço de natureza temporária empreendido com o propósito de concretizar um produto, serviço ou resultado específico. A dimensão temporária, nesse contexto, implica que cada projeto é delimitado por um período de início e término definido. Portanto, é

compreensível que desafios e obstáculos também façam parte inerente de cada empreendimento projetual.

A falha em compreender e gerenciar os riscos de projetos de software pode resultar em uma variedade de problemas, incluindo rupturas de custos e prazos, requisitos de usuário não atendidos e a criação de sistemas que não são utilizados ou que não agregam valor ao negócio. À medida que as organizações continuam investindo tempo e recursos em projetos de software estrategicamente importantes, o gerenciamento dos riscos associados a esses projetos se torna uma área crítica (R. Kumar, 2002).

A capacidade de identificar e analisar ameaças potenciais ao sucesso dos projetos possibilita a implementação de medidas preventivas visando reduzir as probabilidades de insucesso. A literatura tem enfatizado a importância de realizar uma categorização empírica das fontes e tipologias de riscos associados aos projetos de desenvolvimento e implementação de software. No entanto, apesar dessas orientações, existem escassas ferramentas à disposição dos gestores de projetos que possam efetivamente auxiliar na identificação e classificação dos fatores de risco, fundamentais para a formulação de estratégias eficazes (H. Taylor, 2012).

Aproximando esse cenário à implementação de softwares Advanced Planning and Scheduling (APS) - sistemas de informação especializados na gestão e sequenciamento da produção - surge uma notável escassez de estudos voltados ao gerenciamento de riscos nesse domínio. As pesquisas realizadas até o momento limitam-se, em sua maioria, a abordar questões técnicas relacionadas ao desempenho heurístico do sistema (conforme exemplificado por Lupeikiene et al., 2014), enquanto há uma lacuna considerável em relação à análise do desempenho e sucesso dos projetos de implementação do referido software.

Assim, o presente artigo tem como propósito realizar uma análise abrangente e delinear as dimensões de risco que exercem maior impacto sobre o êxito dos projetos de implementação do software APS. O objetivo central reside em disponibilizar informações e análises de relevância, a fim de aprimorar o gerenciamento de riscos associados a essa categoria de projetos. Adicionalmente, serão concebidos planos de ação distintos, direcionados às dimensões de maior preponderância. Tais planos serão sujeitos a avaliação e validação por parte de especialistas da empresa objeto do estudo. Cabe ressaltar, ainda, que o escopo deste estudo não se limita apenas a beneficiar a empresa objeto da análise, mas visa também beneficiar outras organizações que implementam ou estejam considerando a implementação de um software APS.

O presente artigo está organizado conforme segue. Após a introdução, é desenvolvido na seção 2 o referencial teórico, aprofundando o que já existe de literatura sobre fundamentos das técnicas multivariadas no contexto de implementação de sistemas de informação. Sequentemente, na seção 3, está detalhada os procedimentos metodológicos utilizados para a elaboração do trabalho. A seção 4 traz os resultados

obtidos e a sua discussão e, por fim, na seção 5 há a conclusão do estudo, bem como recomendações para estudos futuros.

2.REFERENCIAL TEÓRICO

O objetivo desta seção é estabelecer um embasamento teórico para os conceitos abordados neste estudo, além de promover uma análise das perspectivas presentes na literatura referente a esses temas. Para alcançar esse objetivo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica que abrangeu tanto obras quanto artigos nacionais e internacionais. O foco principal concentrou-se na exploração das técnicas multivariadas aplicadas no estudo e nas suas interseções com sistemas de informação e gerenciamento de riscos.

2.1.TÉCNICAS MULTIVARIADAS

Técnicas multivariadas são ferramentas estatísticas amplamente utilizadas para analisar e interpretar conjuntos de dados que envolvem múltiplas variáveis. Elas são particularmente relevantes em um contexto de ampla aplicação computacional para processar grandes e complexos volumes de dados, podendo ser utilizadas em áreas como biologia, psicologia, finanças, marketing, entre outras (Gupta & Nagar, 2020). As técnicas multivariadas permitem realizar análises mais complexas e aprofundadas do que as técnicas univariadas, que analisam apenas uma variável por vez.

Segundo Johnson e Wichern (2007), os objetivos das análises estatísticas para as quais os métodos multivariados são mais utilizados incluem redução de dados e simplificação estrutural, classificação e agrupamento, predição, investigação de dependência entre variáveis e construção e teste de hipóteses.

Em consonância com os objetivos do presente artigo, serão abordadas duas técnicas multivariadas: (i) Análise de Componentes Principais (ACP), a qual objetiva a redução de dados e a sua simplificação estrutural, e (ii) Clusterização, a qual visa à classificação e agrupamento desses dados. A aplicação conjunta de técnicas de redução e simplificação de dados e de técnicas de clusterização torna-se relevante, uma vez que o uso de variáveis irrelevantes pode gerar ruídos ao conjunto de dados e, conseqüentemente, prejudicar o agrupamento de observações (Anzanello & Fogliatto, 2011).

2.2.ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Quando deparados com um conjunto grande de variáveis correlacionadas, a Análise de Componentes Principais (ACP) permite reduzir tal banco em um conjunto com menor número de dimensões, chamados componentes principais (CPs). Os CPs são não correlacionados e, em sua obtenção, são ordenados para que os primeiros retenham a maior parte da variação presente no conjunto original (James et al., 2002). Dessa forma, é possível reduzir a complexidade da análise mantendo a integridade das informações do conjunto original, a qual pode ser utilizada para a geração de índices e agrupamento de indivíduos (Hongyu et al., 2016).

A ACP é realizada usando tanto abordagens de base geométrica quanto de base algébrica (Rencher,2002). Na abordagem geométrica, os dados são representados em um

espaço de alta dimensão e os CPs são construídos como vetores que apontam na direção dos eixos principais de variação dos dados. O primeiro CP é escolhido como o vetor que aponta na direção com maior variância nos dados, e os CPs seguintes são escolhidos de forma a serem ortogonais aos anteriores e capturar a maior variação remanescente nos dados. Essa abordagem é útil para visualizar as relações entre as variáveis e entender a estrutura dos dados em um espaço de alta dimensão.

Já na abordagem algébrica, os CPs são definidos a partir da decomposição da matriz de covariância dos dados. Essa abordagem é baseada em álgebra linear e envolve a diagonalização da matriz de covariância para obter os autovetores e autovalores, que são essenciais para a determinação dos CPs. Os autovetores são os vetores que definem a base dos CPs, enquanto os autovalores medem a quantidade de variância dos dados que são capturados por cada CP.

O cálculo dos CPs, por sua vez, é feito multiplicando a matriz de dados original pelos autovetores correspondentes aos autovalores mais altos. O primeiro componente principal é calculado multiplicando a matriz de dados original pelos autovetores correspondentes ao maior autovalor. O segundo componente principal é calculado multiplicando a matriz de dados original pelos autovetores correspondentes ao segundo maior autovalor e assim por diante. Em uma matriz de dados X composta por n observações e p variáveis, o primeiro CP será:

$$t_{i1} = \sum_{j=1}^p w_{j1} x_{ij} \quad (1)$$

onde t_{i1} = primeiro componente principal; w_{j1} = autovetor associado a cada variável original; e x_{ij} = valor da observação na variável original.

Os autovetores são normalizados, isto é, a soma dos quadrados dos coeficientes é igual a 1, e ainda são ortogonais entre si, garantindo que os componentes principais não sejam correlacionados. Segundo Varella (2013), os CPs apresentam as seguintes propriedades: (1) a variância do componente principal y_i é igual ao valor do autovalor λ_i , (2) o primeiro componente é o que apresenta maior variância e assim por diante, (3) o total de variância das variáveis originais é igual ao somatório dos autovalores que é igual ao total de variância dos componentes principais, e (4) os componentes principais são completamente não correlacionados entre si.

A importância de um CP é avaliada por meio de sua contribuição, isto é, pela proporção de variância total explicada pelo componente. A soma dos primeiros m autovalores representa a proporção de informação retida na redução de p para m dimensões. Com essa informação pode-se decidir quantos CPs devem ser retidos na análise (Varella, 2013).

Um recurso comumente utilizado para decidir o número de CPs a serem retidos é o *scree plot*, gerado a partir do número de componentes no eixo x e a variância no eixo y. Para identificar o número de componentes, basta identificar uma quebra natural entre os

maiores autovalores e menores autovalores (Rencher, 2002). Contudo, segundo Regazzi (2000), para aplicações em diversas áreas do conhecimento o número de componentes utilizados tem sido aquele que acumula 70% ou mais de proporção da variância total.

Por fim, Rencher (2002) aponta que existem duas situações na regressão de dados onde a ACP é útil: (1) no caso de o número de variáveis independentes ser relativamente maior que o número de observações, e (2) no caso de as variáveis independentes serem altamente correlacionadas, onde as estimativas de coeficientes de regressão podem ser instáveis.

2.3.TÉCNICAS DE CLUSTERIZAÇÃO

A análise de cluster agrupa objetos de dados com base nas variáveis que descrevem tais objetos e seus relacionamentos. O objetivo é achar um agrupamento em que os objetos dentro de um grupo sejam semelhantes e significativos uns aos outros e diferentes aos objetos pertencentes a outros grupos (Tan, 2006. Rencher ,2002).

A análise de cluster, técnica não-supervisionada (Jain & Dubes, 2008), é uma ferramenta utilizada para analisar dados multivariados e vem sendo amplamente utilizada em projetos de data mining e machine learning. A metodologia consiste em vários algoritmos, cada um dos quais procura organizar um determinado conjunto de dados em conjuntos de subgrupos homogêneos, ou clusters (Izenman, 2008). Existem diferentes tipos de clusterizações, classificadas em: (1) hierárquica e não-hierárquica, (2) exclusivo, overlapping e fuzzy, e (3) completo e parcial (Everitt et al. ,2001).

A clusterização hierárquica é organizada em uma estrutura de árvore, na qual cada nó representa um cluster. Se há a permissão de clusters possuírem subclusters, então a técnica é tratada como hierárquica (Everitt et al. ,2001). Essa técnica pode ser aglomerativa (também chamada de “bottom-up”), onde uma observação ou um cluster de observações pode ser agregado em outro cluster, ou divisiva (também chamada de “top-down”), onde um único cluster contendo todos os n itens é partido em dois em cada iteração. A maior parte da atenção na literatura de técnicas de clusterização tem sido dada aos métodos aglomerativos. No entanto, argumentos têm sido feitos de que métodos divisivos podem fornecer agrupamentos mais sofisticados e robustos (Rencher, 2002).

O resultado final da aplicação da técnica de clusterização hierárquica é um dendrograma (i.e., Diagrama de Árvore Hierárquica). O dendrograma permite ao usuário ler os critérios de distâncias no qual itens ou grupos são combinados para formar um novo cluster maior. Itens semelhantes entre si são combinados em distâncias baixas, enquanto os itens mais dissimilares são combinados em níveis mais altos. Por tanto, é a diferença de distância que define o quanto os itens são próximos entre si (Izenman, A.J. ,2008).

Já a clusterização não-hierarquizada é a divisão do conjunto de dados em clusters não-iterados, de modo que cada objeto esteja exatamente em um único cluster (Everitt et al., 2001). Tais técnicas separam o conjunto de objetos em um número de clusters predeterminado, onde não há relações hierárquicas entre as soluções k -cluster e $(k+1)$ -cluster. Dentre as técnicas de clusterização não-hierarquizadas, o *k-means* (partição) é o

mais utilizado por ser eficiente em projetos de larga escala. Segundo Izenman (2008), o algoritmo *k-means* começa (1) atribuindo observações a um dos K clusters predeterminados e, em seguida, calculando os centroides do cluster K, ou (2) pré-especificando os centroides do cluster K. O centroide pré-especificado pode ser selecionado de forma aleatória ou obtido pelo corte do dendrograma em uma distância apropriada. O algoritmo busca minimizar as somas das Distâncias Euclidianas entre os centroides.

Uma métrica tradicionalmente utilizada para avaliar a qualidade dos clusters formados é o Silhouette Index (SI). O SI considera a distância intra-cluster, que deve ser a menor possível, e a inter-cluster, a qual deseja-se que seja grande (Rousseeuw, 1987). A média dos SIs de cada observação mostra a qualidade da estrutura de clusters obtida (Mulyawan et al., 2019). O índice varia de -1 a 1, onde um resultado próximo de 1 significa clusters bem formados enquanto um resultado próximo de -1 reflete clusters que foram formados de maneira incorreta (Manochandar et al., 2020). O SI é dado na equação 2:

$$S_{ik} = \frac{b_i - a_i}{\max \{a_i, b_i\}} \quad (2)$$

onde a_i = distância média da observação em relação às outras do mesmo cluster; e b_i = mínima distância média da observação em relação a todas as observações de outro cluster.

2.4.TÉCNICAS DE CLUSTERIZAÇÃO NO CONTEXTO DE PROJETOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

O gerenciamento de projetos envolve uma série de atividades que visam garantir o sucesso do projeto. Essas atividades incluem a definição de objetivos e requisitos, a elaboração de um plano de projeto, a alocação de recursos, o acompanhamento do progresso do projeto e a identificação e gerenciamento de riscos. Para executar essas atividades de forma eficiente, é necessário utilizar ferramentas e técnicas adequadas (Besner et al. 2013), as quais incluem abordagens de clusterização.

Nesse sentido, Souza et al. (2018) propuseram a utilização de técnicas de agrupamento *k-means* para gerenciar as condições que levam ao sucesso de projetos. Os autores definem uma abordagem de gerenciamento de projetos que utiliza as classificações das condições das etapas do projeto para priorizar as ações do seu gerenciamento. A abordagem envolve identificar as condições críticas e garantir que elas estejam bem gerenciadas antes de passar para as condições importantes e essenciais. Os autores também enfatizam a importância do monitoramento constante das condições para garantir o sucesso do projeto.

Da mesma forma que priorizar ações, compreender os riscos em projetos de software pode ajudar a reduzir a incidência de falhas. Por meio de questionário aplicado com 507 gerentes de projetos, Wallace et al. (2004) realizaram uma análise de cluster para identificar aspectos de riscos nos projetos. A análise das dimensões de risco nos diferentes níveis revelou que até mesmo projetos de baixo risco têm um alto nível de risco de

complexidade. Para projetos de alto risco, os riscos associados aos requisitos, planejamento e controle e organização se tornam mais óbvios. A influência do escopo do projeto, práticas de *sourcing* e orientação estratégica nas dimensões de risco do projeto também foram examinadas. Os resultados sugeriram que o escopo do projeto afeta todas as dimensões de risco, enquanto as práticas de *sourcing* e orientação estratégica tiveram um impacto mais limitado.

Para avaliar a confiabilidade dos construtos do estudo, Wallace et al. (2004) utilizou o cálculo do coeficiente Alfa de Cronbach, uma das ferramentas estatísticas mais relevantes e amplamente empregadas na pesquisa de construção de testes (Cortina, 1993). O coeficiente alfa, introduzido por Lee J. Cronbach em 1951 (Cronbach, 1951), é um indicador empregado para avaliar a confiabilidade da consistência interna de uma escala, visando mensurar o grau de correlação entre os itens de um instrumento (Cortina, 1993). A obtenção do coeficiente alfa envolve considerar X como uma matriz n x k, na qual estão dispostas as respostas quantificadas de um questionário. Cada linha de X corresponde a um sujeito, enquanto cada coluna corresponde a uma pergunta específica. É importante ressaltar que as respostas quantificadas podem variar em escala (Leontitsis e Pagge, 2007). Nesse contexto, o coeficiente alfa de Cronbach é calculado de acordo com a equação 3:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[\frac{\sigma_{\tau}^2 - \sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_{\tau}^2} \right] \quad (3)$$

Huang et al. (2008) ainda utilizam técnicas de clusterização para explorar a exposição a riscos em projetos de software. A análise de cluster foi aplicada a um conjunto de dados, com base em quatro fatores: tamanho do projeto, complexidade, capacidade da equipe e experiência da equipe. Os autores identificaram três grupos de projetos com diferentes níveis de duração e exposição ao risco: o grupo de curta duração com baixa exposição ao risco, o grupo de duração média com exposição moderada ao risco e o grupo de longa duração com alta exposição ao risco. Segundo os autores, a abordagem baseada em clusterização é uma alternativa eficaz e eficiente para a gestão de riscos em projetos.

3.MÉTODODO

A fim de se atingir os objetivos definidos na seção 1, foi elaborado um plano metodológico para o desenvolvimento do trabalho. Esse plano consiste em algumas etapas essenciais para a construção básica do estudo. As etapas serão apresentadas após a classificação da pesquisa.

3.1.CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com o método de classificação de pesquisa proposto por Gil (2002), classifica-se um projeto de pesquisa em quatro critérios: (i) natureza; (ii) abordagem; (iii) objetivos; (iv) procedimentos. Esta pesquisa classifica-se, quanto à natureza, como aplicada, visto que propõe soluções práticas para solucionar um problema específico. Quanto à abordagem, classifica-se como quali-quantitativa - quantitativa por aplicar técnicas

multivariadas; qualitativa quanto a interpretação dos resultados quantitativos e definição de estratégias. Referente aos objetivos, trata-se de uma pesquisa explicativa, já que se baseia em técnicas multivariadas para identificar padrões de riscos no contexto de projetos de implantação do Software APS. Por fim, quanto ao procedimento, classifica-se como uma pesquisa-ação, visto que conta com a contribuição dos profissionais da empresa para o desenvolvimento da análise.

3.2. ETAPAS DO TRABALHO

Para atingir os objetivos citados, esta pesquisa apoia-se em quatro macro etapas: (i) desenvolvimento e aplicação do formulário de avaliação de risco; (ii) definição dos agrupamentos; (iii) análise quantitativa e (iv) análise qualitativa.

Inicialmente, são conduzidas entrevistas junto aos especialistas da empresa objeto do estudo, visando a avaliação e a delimitação das dimensões de risco de maior relevância no contexto dos projetos de implementação do software APS. Com base nesse levantamento, um formulário é elaborado, empregando uma escala Likert graduada de 0 a 5, permitindo a categorização dos projetos conforme as dimensões de risco identificadas (ver Apêndice A).

Cada especialista desempenha a função de preencher o formulário correspondente ao projeto sob sua gestão. Essa fase possui um papel central na garantia da qualidade e confiabilidade da análise realizada. Nesse sentido, ao término dessa etapa, é aplicada uma avaliação estatística para assegurar a coerência interna dos itens de cada dimensão. Esse procedimento é executado por meio do cálculo do coeficiente Alfa de Cronbach. A utilização do Alfa de Cronbach reveste-se de significativa importância para verificar a consistência dos dados coletados, contribuindo para a validade e a robustez das conclusões extraídas na subsequente análise.

Para a definição dos clusters, uma série de procedimentos são realizados. Primeiramente, são aplicadas técnicas de clusterização hierárquicas. Por meio do dendrograma é possível identificar um intervalo de potenciais números de clusters, bem como identificação de eventuais outliers nos dados, o que é validado com os especialistas da empresa.

De forma subsequente, gera-se um ranqueamento dos itens de risco de acordo com sua importância. A definição dos itens relevantes para o estudo se faz importante, uma vez que o uso de itens irrelevantes pode gerar ruídos a interpretação dos resultados e formulação das estratégias. A relevância da variável i para clusterização será quantificada através do índice de importância P_i , o qual se apoia nos parâmetros oriundos da ACP aplicada nos dados originais (ver equação 4).

$$P_i = (\lambda t_1 |w_{i1}|) + (\lambda t_2 |w_{i2}|) + (\lambda t_i |w_{ij}|) \quad (4)$$

onde P_i = mensuração de importância da variável i ; λt_i = variância do componente principal j e w_{ij} = peso da variável original i na formação do componente principal j . Variáveis com elevado P_i são tidas como mais relevantes, visto que advém de variáveis

com elevado peso (w) contidas em componentes com elevada variabilidade explicada (elevado λ).

Após, a técnica de clusterização k-means é aplicada de forma iterativa. A cada iteração, a variável com menor índice de importância P_i é removida, uma clusterização utilizando as variáveis remanescentes é realizada, e o valor do Silhouette Index (SI) é armazenado. Esse procedimento é repetido até que reste apenas uma variável no banco original. Por fim, é gerado um gráfico comparando o valor de SI com o número de variáveis para identificar as variáveis que maximizam a qualidade do agrupamento.

A etapa subsequente, focada na análise quantitativa, fundamenta-se nas médias dos valores correspondentes a cada dimensão atribuída aos clusters gerados. No entanto, antes disso, procede-se uma avaliação das médias das dimensões de desempenho para cada cluster, uma vez que existe uma relação direta entre desempenho e risco, indicando certa coerência nos agrupamentos propostos. Além disso, uma análise minuciosa dos resultados é conduzida, proporcionando insights embasados. Por último, uma avaliação qualitativa é realizada em colaboração com especialistas da empresa, visando estabelecer planos de ação direcionados a cada dimensão de risco de maior relevância.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objeto de análise para o presente estudo é uma consultoria em tecnologia para a área de Gestão da Produção, sediada no Brasil e na Europa, com foco na implementação do software Advanced Planning and Scheduling (APS). A consultoria é reconhecida como a maior especialista em implantação e suporte do APS na América Latina, com certificações e prêmios internacionais que comprovam sua excelência na área. Seu portfólio conta com mais de 50 clientes, em sua maioria empresas de grande porte, definido pelo Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) como aquelas com receita operacional bruta anual superior a 300 milhões de reais.

A estrutura organizacional da empresa é composta por seis áreas distintas; dentre elas, a área de Operações é responsável pelos projetos de implantação e suporte do software APS. Essa área absorve uma parcela substancial dos recursos humanos e financeiros da empresa, constituindo atualmente cerca de 80% do total de colaboradores. É fundamental ressaltar que a execução eficaz desses projetos é vital para cumprir os prazos e os termos previamente acordados com a área Comercial. Contudo, a inerente complexidade de alguns aspectos da execução dos projetos pode ocasionar atrasos e desvios no orçamento inicial, tornando relevante um estudo aprofundado dos potenciais adversidades e riscos envolvidos.

A empresa objeto de estudo concentra-se em duas linhas de serviço principais: (i) projetos voltados para a implementação do software APS, e (ii) projetos de suporte contínuo visando a manutenção da solução nas empresas clientes. Esta pesquisa se direcionará exclusivamente para os projetos de implementação do software APS, dada a sua natureza mais exigente em termos de recursos financeiros, de pessoas e de infraestrutura.

4.1.FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

Com o objetivo de adquirir dados e informações essenciais para a fundamentação deste estudo, foi elaborado um formulário de avaliação de riscos associados a projetos de implementação do software APS. O processo de desenvolvimento desse instrumento metodológico teve início com a realização de entrevistas junto a especialistas internos da organização. Estas entrevistas tiveram o propósito de identificar as dimensões de risco que emergem como as mais pertinentes e significativas no contexto dos projetos em análise. Simultaneamente, a investigação se sustentou em uma base sólida de literatura pré-existente, assimilando e contextualizando as dimensões de risco previamente definidas em estudos científicos correlatos.

Desse esforço, emergiram oito dimensões de risco de notável relevância: "Equipe de Projetos", "Comunicação", "Treinamentos", "Envolvimento do Usuário-chave", "Escolha do Software APS", "Infraestrutura Tecnológica", "Gerenciamento de Dados" e "Organizacional". Esta definição das dimensões de risco proporcionou um alicerce sólido para a avaliação dos desafios inerentes aos projetos de implementação do software APS. Além da determinação das dimensões de risco, procedeu-se também à avaliação da dimensão de desempenho dos projetos. Tal abordagem, justificada pela compreensão da dinâmica dos projetos em termos de sucesso e eficácia, adicionou uma camada de análise extra ao formulário.

Os elementos resultantes desta análise são refletidos na Tabela 1, a qual disponibiliza tanto as dimensões de risco quanto as dimensões de desempenho incorporadas ao formulário. Cada dimensão é acompanhada de uma descrição, o que confere ao formulário uma base informativa sólida e abrangente para avaliação subsequente.

Tabela 1 - Dimensões de Risco e Performance

Dimensão de Risco	Descrição
Equipe de Projetos	A equipe de um projeto de implementação APS deve conter pessoas com bom nível de conhecimento, influência e reputação. Os conhecimentos e competências devem ser complementares. Além disso, uma implementação de sucesso requer confiança, engajamento e cooperação. *Avaliar equipe de projeto alocada pelo cliente (externa).
Comunicação	A comunicação é um dos aspectos mais desafiadores em projetos de implementação de sistemas. Todos os envolvidos no projeto devem se comunicar de forma clara e direta, compartilhando informações detalhadas sobre o andamento do projeto. Uma boa comunicação deve ser obtida desde o início da implementação, fazendo com que os objetivos e resultados sejam de fácil entendimento.

Treinamentos	Os treinamentos são uma prioridade principalmente nas fases iniciais dos projetos de implementação. Treinamentos devem envolver o software e as suas funcionalidades e responsabilidades pelos novos processos. Um plano de treinamento adequado deve conter a metodologia correta para cada nível de conhecimento de cada usuário.
Envolvimento do Usuário-chave	A participação do usuário-chave é um parâmetro importante para a qualidade de um projeto de implantação de sistemas de informação. Com a contribuição do usuário, o sistema pode se desenvolver para uma aplicação de uso mais amigável e conseqüentemente mais performática.
Escolha do Software APS	Durante o processo de seleção do software APS é importante identificar e planejar os requisitos que serão necessários para a execução do projeto, garantindo o ajuste entre os sistemas de informação envolvidos.
Infraestrutura Tecnológica	A implementação de um APS implica em uma transição complexa de sistemas de informação e processos. Como a arquitetura de sistemas pode ser modificada para atender os requisitos do sistema APS, sistemas de informação (ERP, MES, PLM) devem ser avaliados e configurados para suportar as suas integrações.
Gerenciamento de Dados	O gerenciamento da qualidade dos dados se refere à seleção de dados e dos seus níveis de acurácia para a implementação do sistema. A modelagem dos dados deve estar de acordo com os requisitos dados para evitar erros e retrabalhos.
Organizacional	Fatores organizacionais geralmente são negligenciados pelas empresas durante a implementação de um software APS. Contudo, fatores como o suporte da alta gerência, a gestão de mudança e a estratégia de implementação são fatores críticos para o desenvolvimento do projeto.
Performance	A dimensão de desempenho dos projetos avalia a eficácia e a eficiência global da implementação do software APS. Este aspecto abrange a capacidade do projeto em alcançar seus objetivos declarados, cumprir os prazos estipulados e produzir resultados de alta qualidade.

Para cada uma das dimensões delineadas, foram desenvolvidos conjuntamente com os especialistas da empresa os itens de avaliação correspondentes (consulte o Apêndice A para as dimensões de risco e o Apêndice B para a dimensão de performance). Na aplicação do formulário, adotou-se a escala de Likert composta por cinco pontos distintos. Essa escala abrange desde a opção "Discordo Totalmente" (1) até "Concordo Totalmente" (5), oferecendo um leque abrangente de escolhas para que os participantes possam

expressar seus níveis de concordância ou discordância perante os itens de avaliação propostos.

Após a delimitação dos itens de avaliação correspondentes às dimensões de risco e performance, e a formulação do modelo de escala de avaliação, o formulário foi aplicado junto aos gestores de projetos. Devido ao papel crucial que desempenham no controle dos projetos, os gerentes de projetos ocupam uma posição privilegiada para responder às questões pertinentes aos riscos e à performance, constituindo-se, assim, em respondentes ideais para a aplicação do formulário.

Com o intuito de garantir a integridade e a excelência do estudo, a pesquisa concentrou-se nos gestores cujos projetos foram concluídos nos últimos cinco anos, a fim de manter a relevância e a atualidade dos dados coletados. Nesse sentido, os gestores foram solicitados a completar o questionário, avaliando cada projeto sob sua responsabilidade conforme os itens elencados nos Apêndices A e B, seguindo a escala Likert previamente mencionada.

Foram obtidas 36 amostras provenientes de 6 gerentes de projetos distintos. Dessa forma, o banco de dados utilizado no estudo foi constituído por 36 observações, representadas pelos projetos, descritas por 45 variáveis (36 correspondentes às dimensões de risco e 9 vinculadas às dimensões de performance).

Para assegurar a confiabilidade das respostas obtidas, realizou-se o cálculo do coeficiente de confiabilidade de Cronbach (Alfa de Cronbach) para todas as dimensões de risco, bem como para a dimensão de performance. O alfa mede a correlação entre respostas em um questionário através da análise do perfil das respostas dadas pelos respondentes (Da Hora, 2010). Os resultados apresentados na Tabela 2 evidenciaram que todas as dimensões atingiram um grau de confiabilidade satisfatório para cada dimensão, com valores superiores a 0,7. Esses resultados destacam a solidez das medidas internas adotadas no estudo, reforçando substancialmente a confiabilidade dos resultados obtidos e discutidos nas seções que seguem.

Tabela 2
Dimensões e propriedades

Dimensão	Número de Itens de Avaliação	Alfa de Cronbach
Equipe de Projetos	11	0.897
Comunicação	4	0.724
Treinamentos	3	0.989
Envolvimento do Usuário-chave	3	0.929
Escolha do Software APS	2	0.727
Infraestrutura Tecnológica	5	0.862

Gerenciamento de Dados	3	0.916
Organizacional	5	0.887
Performance	9	0.775

4.2. DEFINIÇÃO DE CLUSTERS

Para realizar a análise de clusters, procedeu-se inicialmente à clusterização hierárquica utilizando exclusivamente as variáveis provenientes da dimensão de performance. O objetivo desse procedimento é corroborar antecipadamente a estrutura dos resultados, validando a geração de três agrupamentos principais: alto risco, médio risco e baixo risco. A escolha desses três clusters tem por finalidade proporcionar coesão ao desenvolvimento da pesquisa, mantendo-se coerente com a essência de uma análise de risco. Essa abordagem tem a vantagem de facilitar a categorização clara dos projetos em diferentes níveis de risco, promovendo a compreensão intuitiva dos resultados e facilitando a subsequente análise em busca de padrões ou tendências notáveis.

O dendrograma resultante (Figura 1), gerado a partir da clusterização hierárquica, bem como a definição dos três clusters, foi apresentado e discutido com os especialistas da área. É crucial observar que, dada a natureza exploratória da análise, é uma prática sólida validar decisões como essa por meio de opiniões fundamentadas, enriquecendo a interpretação dos resultados e assegurando uma abordagem robusta. A análise do dendrograma também auxiliou na detecção de valores atípicos. No entanto, ao explorar o conjunto de variáveis do estudo, não foi identificada a presença de quaisquer outliers. Consequentemente, todos os 36 projetos inicialmente foram mantidos e utilizados ao longo da continuação do estudo.

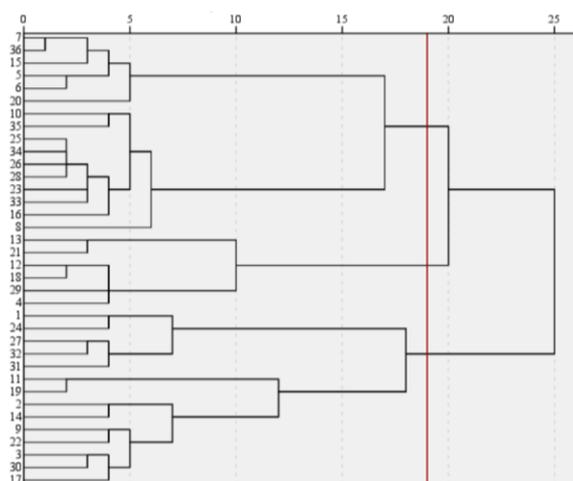


Figura 1: Dendrograma gerado a partir da clusterização hierárquica das variáveis da dimensão de performance

Após a definição pela formação de três grupos de risco, prosseguiu-se com a aplicação da Análise de Componentes Principais (ACP), com o intuito de identificar as variáveis que desempenham um papel mais significativo na explicação da variância do sistema. Esse procedimento ganha relevância ao considerar que a inclusão de variáveis irrelevantes pode introduzir interferências na interpretação dos resultados obtidos na

segunda aplicação das técnicas de clusterização, neste caso, o algoritmo k-means. Para quantificar a importância de cada variável, o índice de importância (P_i) foi computado conforme a equação 4. Na Tabela 3 é apresentado o ranking de importância das variáveis, ordenadas decrescentemente.

Tabela 3
Ranking das 10 variáveis com maior índice de importância

Dimensão	Variável	P_i Relativo
Gerenciamento de Dados	Não houve atrasos ou retrabalhos devido à má qualidade de dados	0.0317
Envolvimento do Usuário-chave	O envolvimento do usuário-chave na etapa de especificação foi adequado para o desenvolvimento do projeto	0.0288
Performance	A solução desenvolvida é fácil de manter	0.0275
Envolvimento do Usuário-chave	O envolvimento do usuário-chave nas etapas de implementação foi adequado para o desenvolvimento do projeto	0.0270
Comunicação	Os envolvidos no projeto mantiveram uma comunicação adequada com o chão de fábrica para o desenvolvimento do projeto	0.0269
Gerenciamento de Dados	Os dados requeridos foram disponibilizados adequadamente para o desenvolvimento do projeto	0.0264
Equipe de Projetos	A equipe de projetos possuía um nível adequado de abertura para mudanças para desenvolvimento do projeto	0.0262
Gerenciamento de Dados	A qualidade dos dados foi adequada para o desenvolvimento do projeto	0.0259
Envolvimento do Usuário-chave	O envolvimento do usuário-chave nas etapas de homologação foi adequado para o desenvolvimento do projeto	0.0259
Equipe de Projetos	A equipe de projetos possuía um nível adequado de disponibilidade para desenvolvimento do projeto	0.0258

Ao analisar a tabela classificatória das 10 variáveis com os maiores índices de importância relativa (P_i), evidencia-se o realce de algumas dimensões em sua contribuição para a explicação da variância presente no sistema. Agregando os valores de P_i atribuídos a cada dimensão de risco e, em seguida, dividindo esse somatório pelo número de itens de avaliação, calculou-se a média do P_i para cada dimensão. A partir desses cálculos, obteve-se o valor médio relativo de P_i , o qual compara a importância entre as diversas dimensões de risco. A Tabela 4 evidencia esses resultados.

Tabela 4
Dimensões de risco e índice de importância relativo médio

Dimensão	P_i Relativo Médio
Gerenciamento de Dados	13,54%
Envolvimento do Usuário-chave	13,16%

Treinamentos	11,88%
Comunicação	10,77%
Organizacional	10,46%
Performance	10,33%
Escolha do Software APS	10,15%
Equipe de Projetos	10,01%
Infraestrutura Tecnológica	9,72%

Observa-se que, dentre as dez variáveis de maior importância (ver Tabela 3), as dimensões "Equipe de Projetos" e "Performance" encontram-se representadas. No entanto, tais dimensões não emergem como cruciais na explicação da variabilidade do sistema (ver Tabela 4). Isso é devido ao fato de que essas dimensões abrigam variáveis também de baixa dispersão, o que impede que exerçam uma influência marcante na variabilidade do sistema. Não obstante, com base em uma análise exploratória preliminar, já é possível inferir que algumas dimensões desempenham um papel altamente relevante na análise do cenário em questão. Este é o caso das dimensões "Gerenciamento de Dados" e "Envolvimento do Usuário-chave".

Após determinar as variáveis de maior relevância para a explicação da variabilidade do sistema, o método de clusterização k-means foi empregado para formação dos três grupos previamente definidos em conjunto com especialistas e análise de dendrograma. Este processo foi realizado de maneira iterativa: a cada iteração, a variável de menor importância foi excluída do banco, e o valor médio do Silhouette Index (SI) médio foi registrado. O propósito dessa abordagem iterativa consiste em identificar as variáveis mais informativas para formação dos 3 clusters relativos a risco (baixo, médio e alto risco). É importante salientar que esse processo será utilizado exclusivamente para gerar a clusterização; análises futuras considerarão todas as variáveis originais. Além disso, a iteração foi conduzida até que quatro variáveis fossem mantidas, uma vez que um número inferior poderia resultar em perda de informações pertinentes para a formação dos agrupamentos. O gráfico derivado dos valores do SI médio e do número de variáveis mantidas no sistema é apresentado na Figura 2.

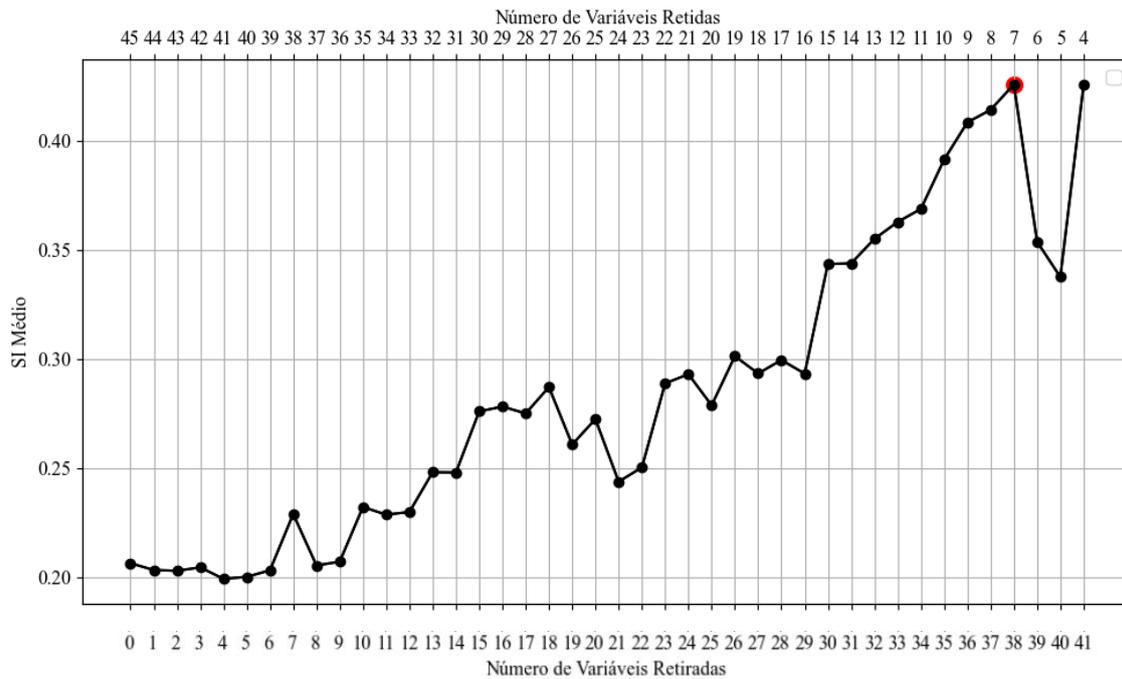


Figura 2: Silhouette Index Médio por Número de Variáveis Retidas e Número de Variáveis Retiradas

Ao examinar a Figura 2, evidencia-se uma tendência crescente do Índice de Silhueta Médio (SI Médio) à medida que as variáveis são removidas. Nesse contexto, observa-se que o sistema atinge sua máxima eficácia de geração de agrupamentos quando sete variáveis são retidas. Nesse processo, foram removidas as 38 variáveis de menor relevância, conforme indicado pelo índice de importância, enquanto as sete mais relevantes foram mantidas (ver as sete mais relevantes na Tabela 3). Nessa configuração, a clusterização alcançou um valor de Silhouette Index de 0,426, o qual representa o valor máximo possível dentro das restrições estabelecidas.

A implementação da técnica de clusterização k-means, utilizando as sete variáveis mais relevantes, conduziu à formação de grupos com distintos volumes de observações. A fim de classificar cada cluster, calculou-se a média dos valores atribuídos aos itens de avaliação da dimensão de performance. De maneira intuitiva, quanto mais elevada a média, menor é o risco associado. Tal abordagem se justifica pela ligação intrínseca entre performance e o risco dos projetos, o que confere uma base lógica sólida a essa classificação. Os resultados encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5

Características dos clusters formados

Cluster	Classificação	Número de Observações	Média de Performance
Cluster 1	Alto Risco	9	3.37
Cluster 2	Médio Risco	14	3.86
Cluster 3	Baixo Risco	13	4.38

Depois de categorizar os três clusters distintos em "Alto Risco", "Médio Risco" e "Baixo Risco", a Tabela 4 foi elaborada com base na média dos valores de cada dimensão de risco. Esta abordagem tem como propósito compreender o comportamento desses valores em relação a cada nível de risco estabelecido. A opção foi por adotar a média de todas as variáveis do sistema, em vez de se restringir às variáveis usadas na construção dos clusters (as sete mais importantes), para garantir que informações relevantes não fossem negligenciadas, contribuindo para a análise abrangente do estudo.

Tabela 6
Médias dos clusters para cada

Dimensão	Alto Risco	Médio Risco	Baixo Risco
Equipe de Projetos	3.34	3.79	3.76
Comunicação	3.36	3.66	3.98
Treinamentos	3.19	3.67	3.51
Envolvimento do Usuário-chave	2.26	3.82	4.52
Escolha do Software APS	3.44	3.93	4.46
Infraestrutura Tecnológica	3.24	4.26	4.77
Gerenciamento de Dados	1.89	3.93	4.82
Organizacional	3.00	3.70	4.29

4.3. ANÁLISE QUANTITATIVA

A partir desses resultados, é possível observar tendências bastante nítidas nos dados analisados. Inicialmente, nota-se um aumento considerável no nível médio de risco associado a cada dimensão à medida que se avança do cluster de baixo risco para o de médio risco e, posteriormente, para o de alto risco. Essa tendência é coerente intuitivamente e acrescenta validação empírica adicional às dimensões de risco estabelecidas.

Contudo, as análises revelam exceções a essa tendência geral nas dimensões "Equipe de Projetos" e "Treinamentos", onde ocorre uma inversão nos valores médios entre os clusters de Alto Risco e Médio Risco. Essas discrepâncias sugerem que, nessas dimensões específicas, a relação entre média e risco não segue o padrão geral observado nas outras dimensões. Essa descoberta é relevante, pois destaca que as dimensões "Equipe de Projetos" e "Treinamentos" não desempenham um papel preponderante na diferenciação entre projetos dos níveis de alto e médio risco.

Ademais, conforme se constata na Tabela 4, a dimensão "Treinamentos" emerge como a terceira dimensão mais relevante para a explicação da variância no sistema. Essa dinâmica ocorre uma vez que, embora essa dimensão revele eficácia na segmentação de

padrões de comportamento gerais, ela não apresenta o mesmo nível de eficiência quando o foco se volta para a análise dos níveis de risco dos projetos. Os perfis de risco para projetos de baixo, médio e alto risco podem ser visualizados no gráfico de radar da Figura 3.

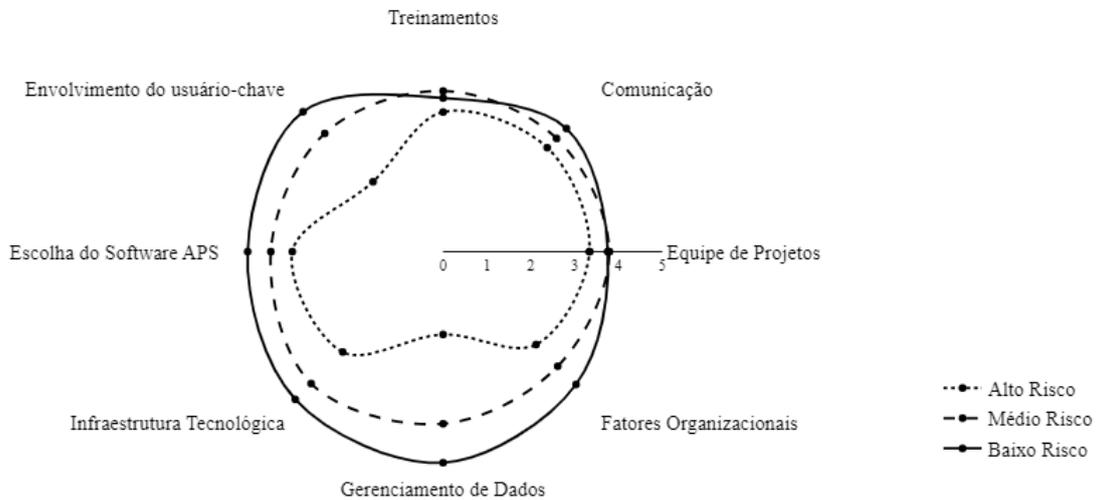


Figura 3: Gráfico de Radar da Média das Dimensões de cada nível de risco

No contexto da avaliação de outras dimensões, duas se destacam como cruciais na diferenciação dos níveis de risco entre projetos. O "Envolvimento do Usuário-Chave" e o "Gerenciamento de Dados" emergem como elementos de relevância ímpar, exibindo médias notavelmente distintas nos agrupamentos de Baixo, Médio e Alto Risco. Esse contraste significativo nas médias sugere um impacto substancial dessas dimensões na caracterização do risco associado aos projetos em questão. Este cenário se alinha com os resultados presentes na Tabela 4, conferindo robustez à interpretação.

Na avaliação específica do agrupamento de Alto Risco para essas dimensões, é perceptível uma média substancialmente inferior, apontando para um cenário em que projetos com maior nível de risco frequentemente evidenciam uma menor participação ativa do usuário-chave e, adicionalmente, evidenciam lacunas na qualidade do gerenciamento e na disponibilidade dos dados necessários para a condução eficiente do projeto.

A dimensão de "Comunicação" também revelou padrões coerentes com a tendência geral, apesar de apresentar uma variância baixa. À medida que se avança do cluster de Baixo Risco para o de Médio Risco e, posteriormente, para o de Alto Risco, as médias aumentam progressivamente, porém de forma contida. Isso implica que a qualidade da comunicação está ligada aos níveis de risco dos projetos, porém não desempenham um papel diferencial proeminente na classificação dos níveis de risco. Essa mesma tendência é notada na dimensão de "Escolha do Software APS".

Por último, destaca-se um comportamento atípico na dimensão de "Infraestrutura Tecnológica". Embora a Tabela 3 sugira que essa dimensão seja a menos determinante para a explicação da variância global do sistema, sua capacidade em diferenciar níveis de

risco assume um destaque notável. Especificamente, essa dimensão demonstra uma habilidade em distinguir os projetos de alto risco dos projetos de médio e baixo risco, conforme evidenciado pela discrepância das suas médias. Dessa forma, essa dimensão também ganha relevância para o desenvolvimento do estudo.

4.4. ANÁLISE QUALITATIVA

Após a conclusão da análise quantitativa, os resultados preliminares passaram por uma fase de avaliação. O propósito dessa etapa está em obter percepções críticas dos especialistas, assegurando assim a integridade dos resultados concernentes à delimitação dos clusters e às análises quantitativas empreendidas. A avaliação realizada pelos especialistas corroborou a consistência e pertinência da análise quantitativa.

Em colaboração com os especialistas e com base nas análises quantitativas, juntamente com avaliações de natureza subjetiva, foram elaborados planos de ação para as dimensões que foram definidas como prioritárias. São elas: “Gerenciamento de Dados”, “Envolvimento do Usuário-Chave”, “Infraestrutura Tecnológica” e “Fatores Organizacionais”, as quais são discutidas na sequência.

A dimensão "Gerenciamento de Dados" desempenha um papel fundamental na análise de projetos de implementação de softwares complexos, como o software APS. Ela aborda a forma como os dados são coletados, processados, armazenados e disponibilizados para o desenvolvimento do projeto. A partir dos resultados preliminares da análise quantitativa e da avaliação subsequente realizada por especialistas, fica evidente que essa dimensão exerce um impacto significativo na segmentação dos níveis de risco associados aos projetos em questão.

Os principais aspectos dessa dimensão são a qualidade e disponibilidade dos dados necessários para o desenvolvimento do projeto de implementação do software. Como qualquer outro sistema, o software APS necessita de dados e informações para funcionar. Especificamente, são necessários dados estáticos (como dados de operações e recursos produtivos) e dados dinâmicos (como ordens de produção, fornecimento e pedidos), que geralmente são obtidos com a integração com outros sistemas (a integração será discutida adiante na dimensão de Infraestrutura Tecnológica). Caso esses dados tenham sido coletados de forma inconsistente, apresentando baixa qualidade (ou até mesmo não existam), torna-se inviável o desenvolvimento de um projeto de implementação APS que apresente bons resultados.

De acordo com os especialistas da empresa, não há um processo formalizado e estruturado para avaliar a maturidade no âmbito do gerenciamento dos dados no contexto do processo comercial. Isso ocorre apenas na etapa de especificação técnica, momento em que projeto já foi contratado. Atualmente a avaliação ocorre de forma subjetiva, por meio de um formulário que se limita a identificar o sistema ERP utilizado pela empresa e avaliar, na percepção do respondente, a qualidade dos dados provenientes nesse sistema. Ainda mais, é sabido que os indivíduos que respondem ao formulário frequentemente não detêm a responsabilidade direta na esfera do gerenciamento de dados.

Nesse contexto, é frequente que projetos enfrentem atrasos devido a obstáculos ligados à qualidade e disponibilidade dos dados. Por conseguinte, faz-se imprescindível sugerir uma abordagem ainda mais meticulosa ao avaliar o grau de prontidão das organizações no que concerne à administração dos dados cruciais para o desenvolvimento do projeto. Aspectos vitais, como confiabilidade e disponibilidade, devem ser criteriosamente ponderados. Para um aprimoramento adicional da situação, é recomendável ampliar a avaliação incluindo a participação direta dos responsáveis pelo gerenciamento de dados na empresa. Dessa maneira, será possível contar com insights práticos e embasados de profissionais com conhecimento específico e que podem auxiliar nos planos de ação para uma prontidão mais adequada para a inicialização do projeto.

Assim como a dimensão "Gerenciamento de Dados", a dimensão "Envolvimento do Usuário-Chave" desempenhou um papel crucial na diferenciação dos níveis de risco. Segundo a avaliação dos especialistas da empresa, essa dimensão se configura como uma peça fundamental para o sucesso dos projetos de implementação de softwares do tipo APS. Na verdade, o envolvimento do usuário-chave estabelece-se como um elemento central em todas as fases cruciais do projeto: desde a fase inicial de especificação, onde sua experiência e discernimento auxiliarão a moldar as diretrizes do software, passando pela etapa de implantação, onde seu envolvimento garante a integração adequada das etapas do projeto, até a fase de homologação, onde sua validação assegura que o software atinja os resultados esperados.

Nesse contexto, conforme a Tabela 3, não existe uma diferença significativa na importância do envolvimento do usuário-chave nas três fases do projeto mencionadas, uma vez que as três configuram entre as dez variáveis mais importantes. No entanto, segundo a percepção dos especialistas, destaca-se a etapa de homologação como a que demanda maior envolvimento do usuário-chave.

A fase de homologação desempenha um papel proeminente ao verificar e validar que o sistema satisfaz os requisitos, especificações e padrões previamente estabelecidos. Trata-se de um momento crítico em projetos de implementação, no qual a meta é assegurar que o resultado alcance um patamar de excelência, funcione de acordo com as expectativas e atenda às necessidades dos usuários ou clientes. Assim, o papel desempenhado pelo usuário-chave na etapa de homologação é de extrema relevância.

A lacuna de envolvimento do usuário-chave em projetos de alto risco pode ser atribuída ao fato de que esses usuários podem não perceber plenamente o potencial da ferramenta que está sendo implementada, levando-os a não priorizarem o processo de implementação do software. Essa falta de visão completa das capacidades e benefícios do sistema pode desencorajar sua participação ativa na etapa de homologação. Uma estratégia de mitigação promissora para essa situação é a equipe de projetos da empresa fornecedora do serviço conduzir uma iniciativa robusta de conscientização junto aos usuários-chave. Isso envolve um esforço direcionado para esclarecer de maneira abrangente as funcionalidades, os ganhos operacionais e os impactos positivos que a nova ferramenta pode trazer para a organização. O objetivo é fornecer uma perspectiva mais

clara sobre como o sistema contribuirá para melhorar processos, eficiência e tomada de decisões, induzindo uma maior motivação para o envolvimento ativo.

Adicionalmente, o engajamento da alta gerência se configura como um fator crucial para impulsionar o sucesso do projeto. Ao envolver os líderes seniores, a atenção e o apoio organizacional podem ser direcionados para a importância da etapa de homologação. Isso não apenas reforça a relevância da iniciativa, mas também serve para estabelecer uma cultura de engajamento e comprometimento, influenciando positivamente a participação dos usuários-chave.

A dimensão de “Infraestrutura Tecnológica”, no contexto de projetos de implantação de softwares, refere-se ao conjunto de recursos físicos, tecnológicos e de suporte que são necessários para que um software seja implementado, executado e operado de maneira eficaz e eficiente em um ambiente organizacional. Essa infraestrutura abrange uma variedade de elementos, incluindo hardware, software, redes, servidores, bancos de dados, sistemas operacionais, dispositivos, recursos de armazenamento e muito mais. Ela fornece a base sobre a qual o software será executado e suporta todas as operações relacionadas a ele. De acordo com a análise dos especialistas da empresa, observam-se problemas no que tange à infraestrutura tecnológica especialmente relacionados à integração dos sistemas de informação (como ERP, MRP e MES) com o software APS. Essa problemática ressalta a estreita interdependência entre a infraestrutura de dados e as questões de disponibilidade discutidas anteriormente. No entanto, quando se trata de disponibilidade no contexto da infraestrutura tecnológica, está se fazendo referência à ausência de dados devido a dificuldades de integração entre sistemas, não se referindo à inexistência desses dados em si.

A integração dos sistemas de informação é um desafio complexo, uma vez que diferentes sistemas frequentemente utilizam formatos e protocolos distintos. Essa disparidade pode gerar dificuldades na troca eficiente de dados entre os sistemas, impactando diretamente a precisão e a disponibilidade das informações necessárias para o software APS operar de maneira otimizada. A incompatibilidade entre sistemas pode criar lacunas de dados, redundâncias e atrasos nas atualizações, prejudicando a qualidade e a eficácia da implementação do software APS. Para mitigar esses desafios, uma abordagem multifacetada é necessária. Além do aprimoramento da integração técnica entre os sistemas, a conscientização sobre a importância da infraestrutura tecnológica e a colaboração e envolvimento entre as equipes de TI, os usuários-chave e a alta administração desempenham papéis cruciais. Somente por meio de um esforço coordenado, é possível superar essas barreiras e assegurar que a infraestrutura tecnológica seja um facilitador eficaz para o sucesso dos projetos.

Finalmente, como comentado anteriormente como possíveis resoluções para os desafios enfrentados, emerge como um fator preponderante o engajamento da alta gerência, representando um componente crucial para a mitigação dos riscos associados aos projetos de implementação do software APS. Essa abordagem, juntamente com outras considerações, é contemplada na dimensão "Organizacional". Os elementos abrangidos na esfera organizacional compreendem o respaldo fornecido pela alta administração, a

gestão eficaz das mudanças necessárias e a formulação da estratégia para a implementação e desenvolvimento dos projetos. O envolvimento da alta gerência é de vital importância, pois essa camada decisória tem o poder de impulsionar a alocação de recursos, assegurar a priorização e respaldar as ações necessárias para o sucesso dos projetos. Ao manifestar seu comprometimento e apoio ativo, a alta gerência envia um sinal claro à organização, indicando a relevância estratégica e a prioridade dessas iniciativas.

Ademais, a gestão de mudança também assume um papel crucial na dimensão organizacional. A implementação de novos softwares frequentemente requer alterações significativas nos processos, fluxos de trabalho e cultura organizacional. A abordagem cuidadosa dessas mudanças, a comunicação eficaz e a preparação dos colaboradores são fatores que podem determinar a aceitação e o sucesso da nova solução tecnológica.

Nesse contexto, foi alinhado com especialistas a relevância da instauração de um canal de comunicação contínuo, envolvendo a equipe de projetos, os usuários-chave e a alta gerência. Tal iniciativa se mostra promissora ao promover um fluxo ininterrupto de informações, feedback e atualizações sobre o progresso do projeto, estabelecendo uma rede de colaboração que mantém todas as partes envolvidas devidamente informadas e alinhadas com os objetivos estratégicos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desta pesquisa, realizou-se uma análise abrangente dos fatores de risco em projetos de implementação de software APS. O foco central do estudo foi a investigação dos padrões de comportamento das dimensões de risco em projetos de diferentes níveis de risco (alto, médio e baixo). Os resultados desta análise forneceram informações e análises relevantes no contexto do gerenciamento de riscos, não somente para a empresa objeto deste estudo, mas também para outras organizações que estejam envolvidas na implementação atual ou futura do software APS em suas estruturas organizacionais.

Nesta seção, serão apresentadas as considerações finais, baseadas nas análises quantitativas e qualitativas realizadas nos projetos de implementação de software APS, com o objetivo de compreender as dimensões de risco e identificar estratégias para mitigá-las. As principais conclusões e implicações decorrentes dessas análises serão discutidas a seguir.

É fundamental destacar que este estudo não se trata de um trabalho conclusivo, mas sim de uma exploração inicial no campo de análise de riscos em projetos de implementação de software APS. Embora tenhamos realizado uma análise consistente, é importante reconhecer as limitações inerentes. O tamanho da amostra, por exemplo, apesar de relevante dentro do contexto da pesquisa, permanece restrito no aspecto estatístico.

5.1. PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Uma observação essencial que emergiu da análise é a clara hierarquia nos níveis de risco associados aos projetos de implementação de software APS. A transição dos clusters

de "Baixo Risco" para "Médio Risco" e posteriormente para "Alto Risco" demonstrou um padrão consistente de aumento nos níveis de risco. Essa tendência valida a classificação prévia dos projetos e confirma empiricamente a existência de diferentes graus de risco nessas categorias.

Entre as dimensões examinadas, duas se destacaram como determinantes na diferenciação dos níveis de risco entre os projetos. A dimensão "Gerenciamento de Dados" e a dimensão "Envolvimento do Usuário-Chave" foram identificadas como fatores cruciais que afetam diretamente a caracterização do risco. Ademais, se sobressaem dimensões como "Infraestrutura Tecnológica" e "Organizacional".

Embora haja uma tendência geral de aumento nos níveis de risco à medida que os projetos transitam de "Baixo Risco" para "Médio Risco" e "Alto Risco", algumas exceções e variações nas dimensões foram identificadas. Especificamente, nas dimensões "Equipe de Projetos" e "Treinamentos", observou-se uma inversão nos valores médios entre os clusters de "Alto Risco" e "Médio Risco". Essas exceções sugerem que essas dimensões não desempenham um papel preponderante na diferenciação entre projetos dos níveis de alto e médio risco.

Dimensões como "Comunicação" e "Escolha do Software APS" também revelaram padrões coerentes com a tendência geral, apesar de apresentar uma variância baixa, implicando que elas estão ligadas aos níveis de risco, porém não desempenham um papel diferencial proeminente.

Essas conclusões fornecem um quadro abrangente dos fatores que influenciam os níveis de risco nos projetos de implementação de software APS. Ao reconhecer as dimensões críticas e suas implicações, espera-se que gestores e profissionais envolvidos possam direcionar seus esforços de forma mais eficaz para mitigar os riscos e garantir o sucesso desses projetos complexos.

5.2.IMPLICAÇÕES E PLANOS DE AÇÃO

As conclusões destacadas neste estudo têm implicações significativas para a gestão de projetos de implementação de software APS, indicando a necessidade de medidas específicas para mitigação de riscos. A partir das análises realizadas, foram delineadas estratégias concretas para enfrentar os desafios identificados, com o propósito de otimizar o sucesso e a eficácia desses projetos.

Uma medida essencial é a implementação de um processo formal de avaliação da maturidade no gerenciamento de dados, envolvendo especialistas, já na etapa de processo comercial. Isso assegurará a qualidade e disponibilidade dos dados cruciais para o sucesso dos projetos. Além disso, a promoção da conscientização sobre a relevância do gerenciamento de dados e o aprimoramento da colaboração entre as equipes de TI e os usuários-chave constituem passos essenciais.

A promoção da conscientização e o incentivo ao engajamento ativo dos usuários-chave, especialmente durante a etapa de homologação, são elementos cruciais. Estratégias de comunicação e esclarecimento sobre as funcionalidades e benefícios do software

devem ser implementadas para estimular a participação dos usuários-chave em projetos de alto risco.

Aprimorar a integração entre sistemas de informação é essencial para evitar lacunas de dados. Tal aprimoramento exige esforços técnicos significativos, acompanhados de uma conscientização abrangente sobre a relevância da infraestrutura e da colaboração entre equipes de TI, usuários-chave e alta administração.

O engajamento ativo da alta gerência é um fator determinante para o sucesso dos projetos. Fomentar uma cultura de engajamento e comprometimento, juntamente com uma comunicação contínua entre todas as partes envolvidas, desempenha um papel vital na alocação de recursos e na priorização das iniciativas.

Em resumo, as estratégias delineadas com base nas conclusões deste estudo visam aprimorar a gestão de projetos de implementação de software APS, reduzindo a incerteza e aumentando a probabilidade de sucesso. Considerando essas implicações e implementando as estratégias propostas, as organizações estarão mais bem preparadas para enfrentar os desafios inerentes a esses projetos, promovendo eficácia, eficiência e resultados alinhados com seus objetivos e metas.

5.3.RECOMENDAÇÕES FUTURAS

À medida que este estudo proporcionou insights valiosos sobre os fatores de risco em projetos de implementação de software APS, algumas recomendações podem enriquecer ainda mais essa área de pesquisa e prática. Primeiramente, ampliar a amostra para incluir diferentes contextos organizacionais poderia validar e generalizar as conclusões obtidas. Além disso, realizar estudos longitudinais para acompanhar a dinâmica dos projetos ao longo do tempo poderia revelar padrões de risco e estratégias de mitigação em fases distintas. Por fim, a análise de custo-benefício das estratégias de mitigação e a exploração de métricas de sucesso mais abrangentes poderiam fornecer informações críticas para a tomada de decisões informadas na gestão de projetos de implementação de software APS. Essas recomendações orientam o caminho para uma compreensão mais completa e eficaz dos desafios e soluções nesse campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANZANELLO, M. J.; FOGLIATTO, F. S. Selecting the best clustering variables for grouping mass-customized products involving workers' learning. **International journal of production economics**, v. 130, n. 2, p. 268–276, 2011.

BESNER, C.; HOBBS, B. Contextualized project management practice: A cluster analysis of practices and best practices. **Project management journal**, v. 44, n. 1, p. 17–34, 2013.

CORTINA, J. M. What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. **Journal of Applied Psychology**. v. 78, p. 98-104. 1993.

CRONBACH, L. J. Coefficient alpha and the internal structure of test. *Psychometrika*. 1951.

DA HORA, H. R. M., Rego Monteiro, G. T., & Arica, J. (2010). **Confiabilidade em Questionários para Qualidade: Um Estudo com o Coeficiente Alfa de Cronbach**. *Produto & Produção*, 11(2). <https://doi.org/10.22456/1983-8026.9321>

DAVENPORT, T.; PRUSAL, L. **Working knowledge - How organizations manage what They know**. Boston, Massachessets: Harvard Business School Press, 2000.

GIL, A., 2002. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas.

GUPTA, S. K.; NAGAR, D. **Multivariate statistical analysis: an introduction**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2020.

HENDRICKS, K. B.; SINGHAL, V. R.; STRATMAN, J. K. The impact of enterprise systems on corporate performance: A study of ERP, SCM, and CRM system implementations. **Journal of operations management**, v. 25, n. 1, p. 65–82, 2007.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; JUNIOR, G. J. DE O. Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83–90, 2016.

HUANG, S.-J.; HAN, W.-M. Exploring the relationship between software project duration and risk exposure: A cluster analysis. **Journal of Systems and Software**, v. 81, n. 6, p. 961–971, 2008.

IZENMAN, A. J. Modern Multivariate Statistical Techniques: Regression, Classification, and Manifold Learning. **Journal of the American Statistical Association**, v. 103, n. 482, p. 1465–1466, 2008.

JAMES, G. et al. **An Introduction to Statistical Learning: With Applications in R**. [s.l.] Springer, 2013.

KUMAR, R, **Managing risks in IT projects: an options perspective**, *Information and Management* 40, 2002.

LEONTITSIS, A.; PAGGE, J. A simulation approach on Cronbach's alpha statistical significance. *Mathematics and Computers in Simulation*. v. 73, p. 336-340. 2007.

LUPEIKIENE, A. et al. Advanced planning and scheduling systems: Modeling and implementation challenges. *Lithuanian Academy of Sciences. Informatica (Vilnius)*, v. 25, n. 4, p. 581-616, 2014.

MANOCHANDAR, S.; PUNNIYAMOORTHY, M.; JEYACHITRA, R. K. Development of new seed with modified validity measures for k-means clustering. *Computers & industrial engineering*, v. 141, n. 106290, p. 106290, 2020.

MORELLI, D.; CAMPOS, F. C.; SIMON, A. T. Sistemas de Informação em Gestão da Cadeia de Suprimento. *Revista de Ciência & Tecnologia*, v. 17, n. 33, p. 25-38, 2012.

MULYAWAN, B.; VINY CHRISTANTI, M.; WENAS, R. Recommendation product based on customer categorization with K-means clustering method. *IOP conference series. Materials science and engineering*, v. 508, p. 012123, 2019.

NELSON, R. IT project management: Infamous failures, classic mistakes, and best practices. *MIS Q. Executive*, 2007.

PMI (2012), **A Guide to the Project Management** Body of Knowledge, 5th Ed.

REGAZZI, A. J. Análise multivariada, notas de aula INF 766. **Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa**, 2000.

RENCHER, A. C. **Methods of multivariate analysis**. New York: J. Wiley., 2002.

ROUSSEEUW, P. J. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of computational and applied mathematics*, v. 20, p. 53-65, 1987.

SABHERWAL, R.; JEYARAJ, A.; CHOWA, C. Information system success: Individual and organizational determinants. *Management science*, v. 52, n. 12, p. 1849-1864, 2006.

SARLE, W. S.; JAIN, A. K.; DUBES, R. C. Algorithms for Clustering Data. *Technometrics: a journal of statistics for the physical, chemical, and engineering sciences*, v. 32, n. 2, p. 227, 1990.

STANDISH GROUP. (2020). The CHAOS Report 2020: The 21st Anniversary Edition. Disponível em: <https://www.standishgroup.com/chaos-report> Acesso em 23 de fev. de 2023.

TAN, P.-N.; STEINBACH, M.; KUMAR, V. **Introduction to Data Mining**. [s.l.] Addison-Wesley, 2006.

THOMAS, M. A. et al. Data management maturity assessment of public sector agencies. *Government information quarterly*, v. 36, n. 4, p. 101401, 2019.

VEHKALAHTI, K.; EVERITT, B. S. Cluster Analysis. Em: **Multivariate Analysis for the Behavioral Sciences**. Second edition. | Boca Raton, Florida : CRC Press [2019] | Earlier edition published as: Multivariable modeling and multivariate analysis for the behavioral sciences / [by] Brian S. Everitt.: CRC Press, 2018. p. 341–363.

WALLACE, L.; KEIL, M.; RAI, A. **Understanding software project risk: a cluster analysis. Department of Accounting and Information Systems**. Blacksburg, VA 24061, USA; J. Mack Robinson College of Business; Atlanta, GA 30303, USA. Electronic Commerce Institute, J. Mack Robinson College of Business; Atlanta, GA 30303, USA: [s.n.].

ZIEGEL, E. R.; JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. Applied multivariate statistical analysis. **Technometrics: a journal of statistics for the physical, chemical, and engineering sciences**.

Apêndice A

Dimensão de Risco	Item de Avaliação*
Equipe de Projetos	<p>A equipe de projetos possuía um nível adequado de conhecimento para desenvolvimento do projeto</p> <p>A equipe de projetos possuía um nível adequado de competência para desenvolvimento do projeto</p> <p>A equipe de projetos possuía um nível adequado de experiência para desenvolvimento do projeto</p> <p>A equipe de projetos possuía um nível adequado de influência para desenvolvimento do projeto</p> <p>A equipe de projetos possuía um nível adequado de reputação para desenvolvimento do projeto</p> <p>A equipe de projetos possuía um nível adequado de confiança para desenvolvimento do projeto</p> <p>A equipe de projetos possuía um nível adequado de abertura para mudanças para desenvolvimento do projeto</p> <p>A equipe de projetos possuía um nível adequado de cooperação para desenvolvimento do projeto</p> <p>A equipe de projetos possuía um nível adequado de disponibilidade para desenvolvimento do projeto</p> <p>A equipe de projetos possuía um nível adequado de envolvimento para desenvolvimento do projeto</p> <p>A equipe de projetos possuía um nível adequado de motivação para desenvolvimento do projeto</p>
Comunicação	<p>Os envolvidos no projeto mantiveram uma comunicação adequada para o desenvolvimento do projeto</p> <p>Os envolvidos no projeto Compartilharam as informações necessárias para o desenvolvimento do projeto</p> <p>Os envolvidos no projeto Evitaram conflitos durante o desenvolvimento do projeto</p> <p>Os envolvidos no projeto Mantiveram uma comunicação adequada com o chão de fábrica para o desenvolvimento do projeto</p>
Treinamentos	<p>Os treinamentos ministrados foram adequados para o desenvolvimento desse projeto</p> <p>Os treinamentos ministrados utilizaram-se de metodologias adequadas para o desenvolvimento desse projeto</p> <p>Os treinamentos ministrados possuíam o conteúdo adequado para o desenvolvimento desse projeto</p>
Envolvimento do Usuário-chave	<p>O envolvimento do usuário-chave na etapa de especificação foi adequado para o desenvolvimento do projeto</p> <p>O envolvimento do usuário-chave nas etapas de implementação foi adequado para o desenvolvimento do projeto</p>

	O envolvimento do usuário-chave nas etapas de homologação foi adequado para o desenvolvimento do projeto
Escolha do Software APS	Os requisitos tecnológicos necessários para o desenvolvimento do projeto foram alinhados adequadamente no processo comercial As expectativas do cliente foram alinhadas adequadamente com as propostas de funcionalidades do software APS no processo comercial
Infraestrutura Tecnológica	A arquitetura dos sistemas (ERP, MES, PLM) foi reconfigurada adequadamente para o desenvolvimento do projeto Os sistemas (ERP, MES, PLM) foram adequadamente integrados ao APS para o desenvolvimento do projeto A nova arquitetura de sistemas de informação possuía a flexibilidade, acessibilidade e eficiência necessárias para o desenvolvimento do projeto A capacidade computacional dos servidores foi adequada para o desenvolvimento do projeto A configuração da infraestrutura de segurança de sistemas foi adequada para o desenvolvimento do projeto
Gerenciamento de Dados	A qualidade dos dados foi adequada para o desenvolvimento do projeto Os dados requeridos foram disponibilizados adequadamente para o desenvolvimento do projeto Não houve atrasos ou retrabalhos devido à má qualidade de dados
Organizacional	A alta gerência prestou o apoio necessário para o desenvolvimento do projeto O gerenciamento do projeto por parte da NEO foi adequado para o seu desenvolvimento O gerenciamento de mudança do cliente foi adequado para o desenvolvimento do projeto A estratégia de implementação do cliente foi adequada para o desenvolvimento do projeto O controle por parte do cliente ao longo do desenvolvimento do projeto foi adequado

*Os entrevistados foram solicitados a indicar em que medida cada item de avaliação de risco caracterizou o projeto avaliado em uma escala de cinco pontos do tipo Likert, que variava de "discordo totalmente" (1) a "concordo totalmente" (5).

Apêndice B

Dimensão de Performance	Item de Avaliação*
Performance	A qualidade geral da solução é alta O cliente está satisfeito com a solução desenvolvida O cliente percebe que a solução atende os requisitos A solução desenvolvida é confiável A solução atende às expectativas do cliente em relação ao tempo de resposta A solução atende às expectativas do cliente em relação à facilidade de uso A solução desenvolvida é fácil de manter O projeto foi finalizado dentro do orçamento O projeto foi finalizado dentro do prazo

*Os entrevistados foram solicitados a indicar em que medida cada item de avaliação de performance caracterizou o projeto avaliado em uma escala de cinco pontos do tipo Likert, que variava de "discordo totalmente" (1) a "concordo totalmente" (5).