

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia de Sistemas

Milton Pereira Bravo Neto

**”APRIMORAMENTO DE PROCESSOS DE DEFINIÇÃO E VALIDAÇÃO DE
REQUISITOS NO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS LOW-CODE”**

Belo Horizonte
2025

Milton Pereira Bravo Neto

**”APRIMORAMENTO DE PROCESSOS DE DEFINIÇÃO E VALIDAÇÃO DE
REQUISITOS NO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS LOW-CODE”**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Sistemas da Universi-
dade Federal Minas Gerais, como requisito par-
cial para o grau de bacharel (a) em Engenharia
de Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. André Costa Batista

Esse trabalho é dedicado à aquela pessoa.

Agradecimentos

Você pode escrever aqui os agradecimentos a pessoas que contribuíram para a realização do trabalho.

“Aqui vai uma bela e inspiradora frase.”

Resumo

Escreva aqui o resumo do seu trabalho.

Palavras-chave: palavra-chave 1; palavra-chave 2; palavra-chave 3.

Abstract

Translate here the abstract of your work.

Keywords: keyword 1; keyword 2; keyword 3.

Lista de Siglas e Símbolos

Siglas

RPA	Robot Process Automation
ES	Engenharia de Sistemas
SoI	System of Interest
SoS	System of Systems
T&A	Testes e Avaliações

Sumário

1	Introdução	14
1.1	Objetivos Geral e Específicos	16
1.2	Contribuições e Originalidade	16
1.3	Organização do Trabalho	16
2	Revisão Bibliográfica	17
2.1	Ciclo de Vida	17
2.1.1	Fases dos estágios de Conceito e Desenvolvimento	20
2.1.2	Estágios de Pós Desenvolvimento	25
2.2	Arquitetura do Sistema	26
2.3	Trabalhos relacionados	26
2.3.1	Low Code Development Cycle Investigation	26
2.3.2	Exploring Low-Code Development: A Comprehensive Literature Review	27
3	Aspectos Socioeconômicos e Humanidades	29
4	Metodologia	30
4.1	Ciclo de vida	31
4.1.1	Adequação de representação	35
4.1.2	Avaliação do ciclo de vida	36
4.2	Proposta de modificações	37
4.2.1	Arquitetura do Sistema	37
4.3	Instrumentos e Materiais	38
	Referências Bibliográficas	44

Capítulo 1

Introdução

Ao longo dos anos vivenciando a experiência no mercado de trabalho em diferentes empresas, é possível notar a dificuldade em mapear, seguir e otimizar processos nas organizações. Um fator agravante é quando o processo não é simplesmente para definir operações administrativas, mas também para definir um modelo de serviço prestado, como consultorias, treinamentos e criação de aplicativos. Além dos processos para a concepção do produto os materiais oferecidos, a prestação do serviço possui processos próprios que afetam no relacionamento com as partes interessadas bem como no resultados final a ser entregue. O serviço em questão pode ser resumido no desenvolvimento de ferramentas ou soluções para estruturação, automação e/ou digitalização de processos dentro de organizações. Outro ponto que vale ser ressaltado, é a necessidade de um vasto conhecimento em arquitetura de soluções, de ferramentas e técnicas de desenvolvimento para viabilização do serviço e sua manutenção.

Vale notar que o mercado cria a necessidade do serviço, e este surge de forma orgânica e na maioria dos casos sem uma definição adequada. Um ciclo de vida do sistema de interesse, seja ele um produto ou um serviço, é essencial para padronizar as etapas. A documentação dessas etapas pode ser estabelecida de acordo com os padrões da Engenharia de Sistemas (ES).

Quando um ciclo de vida não é bem definido, deficiências operacionais nas integrações e relacionamentos entre as partes interessadas são comuns de serem observados. Onde mais pode se destacar essa deficiência é na área de gerenciamento de requisitos e rastreabilidade do sistema. Quando um ciclo de vida não possui nenhuma documentação de requisitos ou rastreabilidade, isso pode afetar tanto as estimativas de esforço e tempo para os desenvolvimentos e possíveis mudanças, quanto deixa uma grande incerteza de impacto em futuras manutenções. Ao resolver um problema ou instabilidade, podem ser gerados outros que só serão notados pelos usuários finais do sistema.

Alterações e inclusão de requisitos nas fases finais de desenvolvimento ou depois do sistema desenvolvido são muito mais custosas que se estes tivessem sido refinados e definidos no início. E sem a capacidade de analisar a rastreabilidade do sistema, como dito anteriormente, as estimativas têm pouco fundamento e refletem pouco a realidade. Logo, prazos são mal calculados, métricas são extraídas de maneira errônea e o gerenciamento da equipe fica

prejudicado.

Manter o ciclo de vida do sistema de interesse atualizado e alinhado à realidade ajuda a reduzir custos tanto na concepção quanto na operação do sistema. Isso ocorre de forma direta, otimizando os recursos utilizados por meio de processos e etapas bem definidas, e de forma indireta, diminuindo o retrabalho e o tempo gasto em atividades desnecessárias.

Tem sido uma tendência em diversas empresas a criação de times, setores ou áreas focadas na digitalização e automação de processos, rotinas ou atividades repetitivas na empresa. As áreas de negócios [que são colocadas como clientes para esse serviço](#) abrangem equipes como marketing, finanças, pagamentos, segurança da informação, tesouraria, infraestrutura de tecnologia, qualidade, recursos humanos e diversos outros times que desempenham atividades de escritório. Essas equipes podem ser alvo da iniciativa de digitalização e são consideradas os principais interessados, atuando como clientes do serviço prestado.

Este trabalho se propõe a estudar e analisar um sistema dentro de uma empresa multinacional, com diversos ramos de atuação e ativos geradores de receita. A partir do mapeamento do ciclo de vida atual, propostas de revisão e melhoria são investigadas e elaboradas para abordar as deficiências operacionais nas integrações e relacionamentos com as partes interessadas. Em seguida será proposta uma ferramenta para garantir a rastreabilidade do sistema e o gerenciamento dos requisitos de forma mais integrada e dinâmica.

O ciclo de vida a ser analisado descreve um serviço interno desta empresa a clientes de digitalização de processos. Esse serviço é o desenvolvimento de uma solução tecnológica que resolva algum problema ou automatize algum processo trazido pelo cliente. É feita uma análise do contexto e realizada uma proposta de resolução para o problema, e em seguida se inicia o desenvolvimento caso isso seja decidido. Em alguns casos, é necessário ainda o suporte à solução desenvolvida, dependendo da complexidade e volume de utilização.

O time de desenvolvimento trabalha numa estrutura de fábrica de aplicativos ou fábrica de software, com poucos desenvolvedores experientes e generalistas, para serem bem engajados com todas as possibilidades a serem exploradas. Esse serviço é repetido a cada nova solução desenvolvida para os times clientes, novos ou não. Diversas tecnologias são utilizadas durante o desenvolvimento, sendo definidas de acordo com a necessidade de cada situação. Entretanto, as duas principais tecnologias são as ferramentas *low code*¹ da empresa Microsoft, conhecidas como ferramentas da *Power Platform*, e códigos em Python para execução de RPAs (do inglês “Robot Process Automation”).

¹Ferramentas low code são plataformas de desenvolvimento que permitem a criação de aplicativos e sistemas com pouca ou nenhuma necessidade de programação manual. Elas utilizam interfaces visuais, como arrastar e soltar componentes, e configurações pré-definidas para simplificar o processo de desenvolvimento.

1.1 Objetivos Geral e Específicos

Podemos destacar como objetivos gerais do trabalho realizado a implementação de técnicas e processos de Engenharia de Sistemas para otimizar a prestação de serviços de software de curta duração. **Acho que poderia ser escrito da seguinte forma: “O objetivo geral deste trabalho é melhorar a prestação de serviços de software de curta duração por meio da reforma de processos dentro do seu ciclo de vida.”** Já como objetivos específicos podem ser destacados:

- O mapeamento da situação atual do serviço prestado e do produto entregue.
- A identificação de oportunidades de melhoria no presente cenário.
- Melhora da definição e levantamento de requisitos no processo existente.
- Elaboração de uma ferramenta para o gerenciamento de rastreabilidade e requisitos.

1.2 Contribuições e Originalidade

Tanto os aspectos de digitalização e otimização de processos quanto o uso de tecnologias *low code* são relativamente novos no que diz respeito à padrões definidos de desenvolvimento, arquitetura ou boas práticas.

O uso de técnicas de ES é interessante pois ao contrário do movimento normal no desenvolvimento de soluções de software que seguem métodos ágeis com muitas iterações e entregas de valor, o processo a ser estudado segue um modelo mais próximo do tradicional modelo de cascata. Entretanto, são conduzidos modelos cascata de curtíssima duração onde os prazos máximos de conclusão variam de 3 a 4 meses, com 3 ou 4 projetos sendo desenvolvidos simultaneamente.

Dessa forma, ao longo do trabalho é desenvolvido um “tailoring” dos conhecimentos da ES para esse contexto e situação de desenvolvimento. **Acho que ficaria melhor da seguinte forma: “Dessa forma, os processos técnicos de ES são adaptados para esse contexto e situação de desenvolvimento.”**

1.3 Organização do Trabalho

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: no Capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica necessária para o entendimento do trabalho; no Capítulo 3 são apresentados os aspectos socioeconômicos; no Capítulo 4 é apresentada a metodologia utilizada para a realização do trabalho. **Mais pra frente aqui você vai mencionar os capítulos de resultado e conclusão.**

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Ciclo de Vida

A definição e criação de um ciclo de vida é uma das formas da Engenharia de Sistemas (ES) atuar no seu propósito de viabilizar o sucesso de um sistema ao mesmo tempo que otimiza a competição existente entre os objetivos das partes interessadas. Ao desmembrar o esforço total e definir os estágios, seus papéis, as novas características do sistema, os critérios de conclusão, os riscos envolvidos e, finalmente, tomar uma decisão, está-se criando o ciclo de vida. Esse processo organiza e estrutura as etapas necessárias para o desenvolvimento e a evolução do sistema de forma clara e eficiente.

Entre cada estágio definido, existem os chamados *decision gates* (portões de decisão, em tradução livre). Nesses pontos, é realizada uma análise do progresso e, como o nome sugere, uma decisão é tomada em relação ao desenvolvimento do sistema.

O ciclo de vida de um sistema é definido a partir de suas características e particularidades, de modo que seus estágios sejam inseridos para atender todas as suas necessidades. Os estágios podem aparecer mais de uma vez, serem executados sequencialmente ou paralelamente e serem inseridos a qualquer momento do ciclo de vida.

Em alguns casos, o Sistema de Interesse (SoI, do inglês *System of Interest*) faz parte de um Sistema de Sistemas (SoS, do inglês *System of Systems*). Nesse contexto, cada um possui seu próprio ciclo de vida. Geralmente, em um SoS, cada elemento do sistema tem seu ciclo de vida independente, e o ciclo de vida do SoS influencia diretamente o do SoI. Por isso, ao analisar o ciclo de vida do SoI, é essencial considerar a evolução e as interações com o SoS.

O ciclo de vida genérico trazido no INCOSE (2023) nos mostra os seis estágios básicos existentes numa estruturação em “V” que busca mostrar de forma visual a aparição desses estágios ao longo do tempo, realçando também o possível paralelismo entre eles. Os estágios são de: conceito, desenvolvimento, produção, utilização, suporte e descontinuação. Na figura 2.1 podemos ver uma representação do que foi mostrado no livro. A seguir cada estágio será abordado:

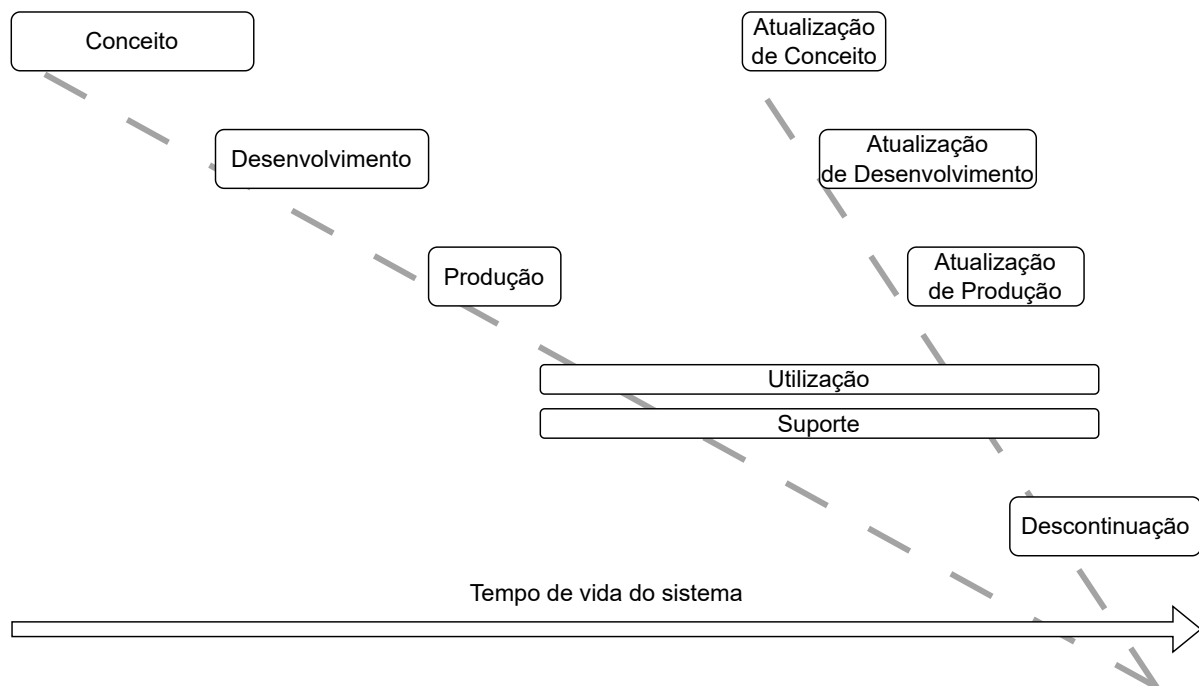


Figura 2.1: Ciclo de vida com estrutura em “V”.

- **Estágio de conceito:** Este estágio representa a fase exploratória, onde são identificadas as origens de uma necessidade, uma nova missão, uma nova capacidade de negócio ou a alteração de algum desses elementos. Nele, são analisados diversos fatores do sistema, como mercado, aspectos ambientais, condições econômicas, recursos disponíveis e escopo de atuação. O objetivo é definir os limites do problema a ser resolvido, as missões do sistema, onde ele será aplicado e realizar uma análise do negócio, da missão e dos valores que serão entregues. Para garantir uma definição clara do problema, são realizados levantamentos dos requisitos do sistema, das partes interessadas envolvidas e de suas necessidades, além da exploração do espaço de soluções possíveis. Com base nisso, é possível estimar um custo inicial do esforço necessário e criar uma agenda preliminar, que servirá como base para o ciclo de vida do sistema. Alguns dos resultados típicos desse estágio incluem documentos preliminares da arquitetura do sistema, análise de viabilidade, requisitos, design, agenda e estimativa de esforço. Esse estágio é crucial, pois é nele que o sistema é definido. Embora mudanças possam ocorrer posteriormente, sua implementação tende a ser mais complexa e custosa devido a fatores como tempo e recursos adicionais necessários.
- **Estágio de desenvolvimento:** nesse estágio é definido um SoI que atende e vai de encontro com as necessidades e requisitos das partes interessadas, e que pode ser produzido, utilizado, suportado e descontinuado caso necessário. O objetivo principal dessa fase é definir um projeto base de engenharia que pode ser executado, sem buscar a perfeição, mas atendendo às partes interessadas e respeitando os possíveis “trade-offs” previamente definidos nesse mesmo estágio. Nesse projeto base devem estar os requisitos, arquitetura,

modelagens, documentação e planejamento para próximas fases que também podem ser vistos como saídas dessa fazer.

- Estágio de produção: nesse estágio o projeto base definido no estágio de desenvolvimento, é aprovado e qualificado para ser colocado para utilização. Esse estágio simboliza o período de instalação, implementação ou transição para um ambiente de fato produtivo.
- Estágio de utilização: o início desse estágio se dá com a liberação do sistema ou parte dele para uso, incluindo os sistemas de apoio que são necessários para certas funcionalidades. Esse estágio comumente é o mais longo do ciclo de vida e é comum que mudanças e melhorias no SoI ocorram ao longo da utilização, lembrando sempre de fazer o gerenciamento dos riscos e documentação para garantir a integridade e manutenção do SoI.
- Estágio de suporte: segue paralelo ao estágio de utilização assim que alguma funcionalidade se torna disponível, no entanto o preparo e planejamento desse estágio pode ser iniciado antes como a aquisição de sobresalentes. Nesse estágio que são percebidas as melhorias e mudanças que podem vir a ser implementadas durante a utilização.
- Estágio de descontinuação: ocorre quando o sistema é retirado de operação, marcando o fim dos estágios de utilização e produção, ou, no máximo, havendo uma pequena sobreposição entre eles. Além de definir como será realizado o descarte ou armazenamento físico ou virtual dos componentes do sistema, essa etapa também envolve a análise da possível extensão da vida útil de algumas partes do sistema e o arquivamento de documentos importantes relacionados a ele. É uma fase crucial para garantir o encerramento adequado do ciclo de vida do sistema.

Ainda no INCOSE (2023), são trazidos conceitos importante sobre os *decision gates* que coexistem entre os estágio dos ciclo de vida, tanto no início quanto no fim de cada estágio. Dentre os objetivos dos *decision gates* estão o acompanhamento da evolução da maturidade do sistema, a conferência dos critérios de saída ou entrada de um estágio, a análise de risco mediante à situação atual do sistema, e por fim uma tomada de decisão sobre o que será feito. Podendo haver um regresso no ciclo de vida, um avanço, uma pausa ou até mesmo o cancelamento do projeto.

É importante saber equilibrar a formalidade e frequência desses eventos, visto que eles envolvem diferentes partes interessadas, gestores e especialistas, e além disso as decisões devem ser guiadas por dados tomados nos estágios do ciclo de vida e nos artefatos que são gerados para esse momento. Isso evita considerações desnecessárias e inadequadas que podem prejudicar futuramente.

As três abordagens principais trazidas pelo livro para os ciclos de vida são, sequencial, incremental e evolucionário. As principais características dessas três abordagens podem ser resumidas na tabela 2.1 apresentada.

Durante a execução dos estágios do ciclo de vida várias tarefas são executadas, e para isso alguns processos precisam ser realizados para garantir a consistência das atividades. Um conjunto de processos é definido no livro e a execução de cada um deles varia de acordo com

Tabela 2.1: Características das abordagens de um ciclo de vida

Abordagem	Requisitos definidos no início	Iterações planejadas	Múltiplas instalações
Sequencial	Todos os requisitos	Apenas uma	Não
Incremental	Todos os requisitos	Múltiplas	Potencialmente
Evolucionário	Parte dos requisitos	Múltiplas	Tipicamente

os estágios existentes no ciclo de vida do sistema.

2.1.1 Fases dos estágios de Conceito e Desenvolvimento

Kossiakoff et al. (2020) fazem uma quebra dos estágios de conceito e desenvolvimento citados anteriormente, subdividindo-os em três fases cada. Dessa maneira a análise do ciclo de vida de um sistemas, bem como a sua estruturação fica mais clara e objetiva. Para o estágio de conceito temos as fases mostradas na figura 2.2, Kossiakoff et al. (2020) as descreve da seguinte maneira:

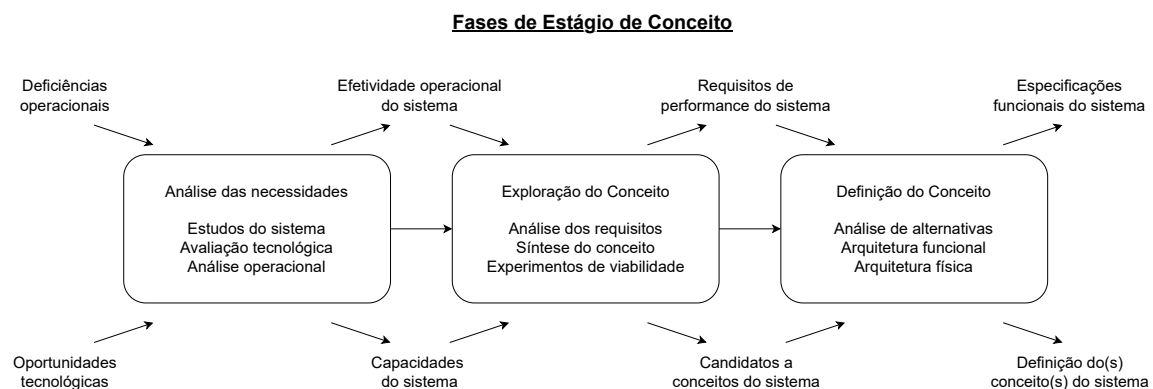


Figura 2.2: Fases do estágio de Conceito, adaptado de (Kossiakoff et al., 2020)

Fase de análise de necessidade

A fase de análise de necessidades tem como objetivo identificar se há, de fato, uma necessidade legítima para o desenvolvimento de um novo sistema, bem como avaliar se existe uma abordagem viável para atendê-la. Essa etapa exige uma análise crítica das limitações dos meios existentes em suprir as demandas atuais ou futuras previstas. Também é considerada a viabilidade técnica, ou seja, se a tecnologia disponível é capaz de suportar a capacidade adicional desejada.

Frequentemente, o início do ciclo de vida de um sistema não se dá de forma repentina, mas sim como resultado de uma análise contínua das necessidades operacionais ou do desenvolvimento de produtos inovadores. O principal resultado dessa fase é a descrição das capacidades e da efetividade operacional esperadas do novo sistema. Embora ainda não configure um conjunto formal de requisitos, essa descrição serve como base para sua futura definição.

Para apoiar essa fase, são utilizados diversos métodos e ferramentas, especialmente as áreas da análise operacional e da pesquisa operacional. Além disso, avaliações tecnológicas e experimentações complementam essas abordagens matemáticas, contribuindo para uma definição mais precisa das necessidades do sistema.

Fase de exploração de conceito

Na fase de exploração de conceitos, busca-se responder às seguintes questões: “Qual desempenho o novo sistema precisa atingir para satisfazer a necessidade identificada?” e “Existe pelo menos uma abordagem viável para alcançar esse desempenho a um custo aceitável?” A resposta positiva a essas perguntas é essencial para estabelecer objetivos realistas e viáveis antes de investir fortemente no desenvolvimento do sistema.

O principal resultado desta fase é a formulação do primeiro conjunto de requisitos de desempenho do sistema, considerados “oficiais” por serem passíveis de medição e avaliação por parte de contratantes ou agências. Além disso, são gerados os conceitos candidatos de sistema — ou seja, múltiplas alternativas de solução. A exploração de diferentes abordagens é fundamental para compreender as possibilidades disponíveis para atender à necessidade identificada.

Diversas ferramentas e técnicas são utilizadas nessa etapa, incluindo métodos de processo (como análise de requisitos) e julgamento especializado (como sessões de brainstorming). Inicialmente, o número de conceitos pode ser elevado, mas o processo visa reduzi-los rapidamente a um conjunto manejável. A viabilidade das alternativas finais precisa ser comprovada, pois elas serão a base para as decisões da próxima fase do ciclo de vida.

Fase de definição de conceito

A fase de definição de conceito tem como foco selecionar o conceito de sistema mais promissor, ou seja, aquele que apresenta o melhor equilíbrio entre capacidade, vida útil operacional e custo. Para isso, diferentes alternativas devem ser comparadas em relação ao desempenho, utilidade operacional, riscos de desenvolvimento e custos. Com base nessa análise, é decidido se vale a pena investir recursos significativos no desenvolvimento do novo sistema.

O principal resultado dessa fase é uma descrição funcional clara do que o sistema deve fazer e qual desempenho deve alcançar, além da definição do conceito selecionado de sistema. Em sistemas simples, essa descrição pode ser feita de forma direta; em sistemas mais complexos, é necessária uma arquitetura de sistema mais detalhada, que represente o sistema sob diferentes perspectivas — principalmente funcional e física.

As ferramentas utilizadas nesse estágio incluem análise de alternativas e práticas de arquitetura de sistemas. Em contextos comerciais, as fases anteriores são frequentemente integradas em um estudo de viabilidade, que serve como base para decidir se o conceito deve ser desenvolvido.

Mesmo que já tenham sido dedicados esforços significativos na compreensão do am-

biente operacional e das tecnologias relacionadas, até este ponto o investimento direto no desenvolvimento do sistema costuma ser limitado. É nas fases seguintes que a maior parte dos recursos será aplicada, com foco no desenvolvimento técnico e implementação.

Olhando agora para o estágio de desenvolvimento vemos na figura 2.3 suas fases e entradas e saídas. Novamente suas definições segundo Kossiakoff et al. (2020) encontram-se abaixo:

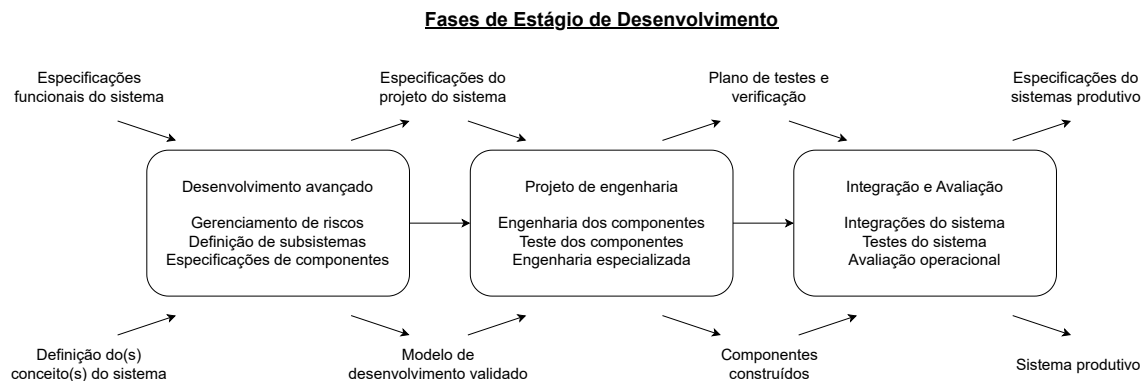


Figura 2.3: Fases do estágio de Desenvolvimento, adaptado de (Kossiakoff et al., 2020)

Fase de desenvolvimento avançado

A fase de desenvolvimento avançado marca a transição entre a definição conceitual e o início do desenvolvimento técnico de um sistema. Seu sucesso depende fortemente da solidez das decisões tomadas nas fases conceituais anteriores. No entanto, como essas fases iniciais geralmente envolvem análises com recursos limitados, ainda restam incertezas importantes que precisam ser identificadas e resolvidas o quanto antes. Esta fase tem como principal objetivo minimizar esses riscos e transformar os requisitos funcionais do sistema em especificações técnicas mais detalhadas.

Duas finalidades centrais definem esta fase: a identificação e mitigação de riscos de desenvolvimento, e a produção das especificações de design do sistema. Isso é particularmente crítico em projetos que envolvem tecnologias inovadoras ou desempenho que extrapola os limites previamente testados. A fase concentra-se no desenvolvimento e validação das partes do sistema que ainda não estão consolidadas, assegurando que seus requisitos possam de fato ser atendidos.

Nesta etapa, a ES desempenha papel essencial ao definir o que precisa ser validado, como isso será feito e como interpretar os resultados obtidos. Frequentemente, modelos experimentais e simulações são empregados para validar conceitos de projeto de componentes e subsistemas, reduzindo os custos de desenvolvimento.

O produto final desta fase é um modelo de desenvolvimento validado, junto a um conjunto refinado de especificações de projeto. Esse modelo deve demonstrar que o sistema pode ser projetado e fabricado de forma viável e com riscos aceitáveis. Por isso, todos os riscos pre-

cisam estar classificados como controláveis antes que o projeto avance para a próxima fase do ciclo de vida.

Fase de projeto de engenharia

A fase de projeto de engenharia representa a transição entre a definição conceitual e a concretização técnica do sistema. É nesta etapa que o projeto detalhado dos componentes é desenvolvido, resultando na criação de um protótipo funcional ou virtual do sistema. Devido à sua complexidade e escopo, essa fase é geralmente marcada por revisões formais de projeto, que permitem ao cliente acompanhar o progresso, controlar custos, revisar o cronograma e fornecer feedback essencial aos desenvolvedores.

Embora aspectos como confiabilidade, manutenibilidade e fabricabilidade – conhecidos como "Engenharia especializada" – já tenham sido considerados anteriormente, nesta fase eles assumem um papel central. O engenheiro de sistemas tem a responsabilidade de garantir que cada componente implementa corretamente os requisitos funcionais e de compatibilidade, além de coordenar o processo de mudanças de engenharia para manter o controle das interfaces e da configuração do sistema.

As principais atividades dessa etapa incluem a conversão das especificações de componentes em projetos de engenharia completos, além da execução de testes preliminares. Esses testes podem ser realizados imediatamente após o projeto ou paralelamente a ele. Outro elemento crucial é o refinamento do plano de testes e avaliações (T&A), iniciado em fases anteriores, mas consolidado com base nas decisões e dados acumulados até aqui.

Os dois principais produtos desta fase são o plano de T&A e um protótipo do sistema. Este protótipo pode assumir diferentes formas — física, virtual ou híbrida — dependendo da natureza do sistema em questão. Por exemplo, no caso de sistemas complexos e de grande escala, como embarcações de carga, o protótipo pode combinar simulações digitais e modelos físicos em escala reduzida.

Ferramentas modernas de projeto assistido por computador (CAD) e simulações de sistemas são amplamente utilizadas para apoiar as decisões de engenharia, garantindo que o sistema projetado seja viável, testável e alinhado com os objetivos operacionais definidos nas fases iniciais do ciclo de vida.

Fase de integração e avaliação

A fase de integração e avaliação marca o momento em que os componentes projetados e desenvolvidos são reunidos para formar um sistema funcional completo. Embora ainda seja parte do processo de desenvolvimento, essa etapa possui características distintas, especialmente no que diz respeito ao papel da ES, justificando seu tratamento como uma fase separada no ciclo de vida do sistema.

É nessa etapa que o sistema é montado e testado pela primeira vez em um ambiente

realista ou simulado. Isso permite verificar se as interfaces entre os componentes estão compatíveis e se a integração geral atende aos requisitos funcionais estabelecidos. Apesar de testes prévios em subsistemas ou protótipos terem sido realizados, somente agora é possível validar a integridade do sistema como um todo.

Frequentemente, a execução dessa fase exige a construção de instalações específicas capazes de simular estímulos operacionais e restrições reais, de modo a permitir uma avaliação precisa do desempenho do sistema. A complexidade e os recursos necessários para essa infraestrutura não devem ser subestimados.

Os principais resultados da fase de integração e avaliação são: (i) as especificações finais de produção do sistema, conhecidas como "baseline de produção", que orientam a fabricação do produto final, e (ii) o sistema de produção propriamente dito, que inclui tudo o que é necessário para manufaturar e montar o sistema em escala.

Ferramentas modernas de integração, T&A, bem como métodos e princípios atualizados, estão disponíveis para apoiar os engenheiros nesse processo. Antes que a produção em larga escala possa começar, é essencial que o sistema final seja verificado e validado em um ambiente operacional real ou em uma simulação que represente fielmente esse contexto.

Kossiakoff et al. (2020) trazem ainda um relacionamento entre as fases desses dois estágios com os níveis de detalhamento do sistema. De maneira visual é destacado em quais os níveis cada fase deve alcançar, consequentemente definindo o detalhamento de cada fase. Assim fica mais claro a materialização do sistema, onde as primeiras fases tocam na parte mais superficial e mais abstrata, e a medida que se avança de fase, vai se adentrando nos níveis de funcionalidades, quebrando e detalhando as funções e associando-as com os elementos do sistema no nível correspondente. A tabela 2.2 ilustra essas relações.

É fundamental perceber que, mesmo que o projeto detalhado só se conclua tardiamente no desenvolvimento, a visualização geral do sistema deve ocorrer ainda nas fases iniciais. Isso é necessário para estimar custos, viabilidade técnica e orientar a escolha do conceito do sistema. A visualização inicial não precisa ser precisa em todos os detalhes, mas deve ser realista o suficiente para orientar decisões viáveis.

Fase Nível	Estágio de Conceito			Estágio de Desenvolvimento		
	Análise das necessidades	Exploração do Conceito	Definição do Conceito	Desenvolvimento avançado	Projeto de engenharia	Integração e Avaliação
Sistema	Define as capacidades e efetividades do sistema	Identifica, explora e sintetiza conceitos	Define conceitos selecionados e especificações	Validação de conceito		Teste e avaliação
Subsistema		Define requisitos e garante viabilidade	Define arquitetura funcional e física	Validação de subsistemas		Integração e testes
Componente			Aloca funções a componentes	Define especificações	Projeto e testes	Integração e testes
Subcomponente				Aloca funções a subcomponentes	Projeto	
Peças					Fazer ou comprar	

Tabela 2.2: Materialização do sistema, adaptado de (Kossiakoff et al., 2020)

2.1.2 Estágios de Pós Desenvolvimento

Após a conclusão do desenvolvimento de um sistema, inicia-se a etapa pós-desenvolvimento, composta por duas fases principais, de acordo com (Kossiakoff et al., 2020): Produção e Utilização e suporte. Os autores unificaram Utilização e Suporte pois de fato seguem em paralelo a todo momento. Porém, será adicionado o último estágio do ciclo de vida apresentado pelo INCOSE (2023) a esse grupo, o estágio de Descontinuação. A figura 2.4 trás no mesmo estilo a representação desses estágios.

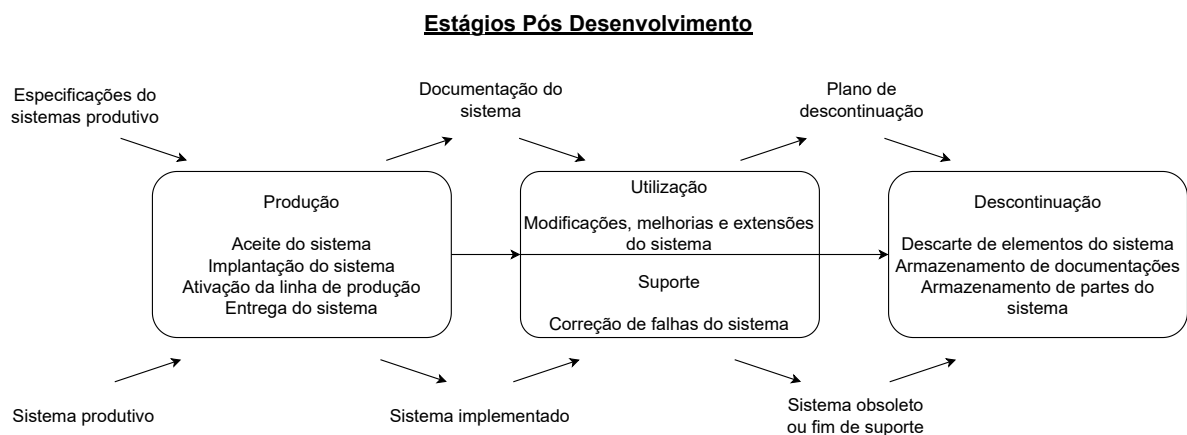


Figura 2.4: Estágio de Pós Desenvolvimento, adaptado de (Kossiakoff et al., 2020)

2.2 Arquitetura do Sistema

Como mencionado na seção 2.1 existem diferentes processos durante o ciclo de vida de um sistema ou projeto. Um deles é o *Processo de Definição da Arquitetura do Sistema*. A existência de um *Estilos de Arquitetura* é de extrema importância para que esse processo seja executado com êxito. Ele atua como um modelo, ou guia, para se construir a arquitetura do sistema. Os *Estilos de Arquitetura* podem ser definidos com base nos pontos de vista da arquitetura, nos elementos do sistema e seus relacionamentos, nas conexões, interfaces, mecanismos de interação e possíveis restrições.

Além dos *Estilos de Arquitetura*, outro conceito importante é o de *Padrões de Arquitetura*. Eles são modelos simplificados mas completos no que diz respeito aos elementos do sistema e são reutilizáveis para diferentes tipos de cenários. O uso de *Padrões de Arquitetura* agiliza a documentação, facilita a comunicação, promove o reúso, melhora a produtividade e eficiência e serve como um ponto de início para o desenvolvimento de novos sistemas.

Como o conceito de arquitetura pode ser muito abrangente, o SEBoK SEBoK Editorial Board (2024) mostra três segmentações de arquitetura, a arquitetura funcional, lógica e a física.

A arquitetura funcional compreende as funcionalidades do sistema, ou seja, quais funções ou comportamentos aquele sistema executa ou possui em diferentes contextos para atingir os objetivos esperados.

2.3 Trabalhos relacionados

2.3.1 Low Code Development Cycle Investigation

O uso de *low code* nas organizações tem diferentes motivos, um deles é o empoderamento de seus funcionários como citado por Pańkowska (2024). Ao qualificar e incentivar os funcionários a utilizarem essas tecnologias para resolverem seus problemas, são criadas comunidades de *citizen developers* que em tradução livre pode ser chamado de “desenvolvedores cidadãos”, ou seja, usuários finais que mesmo sem conhecimentos técnicos aprofundados em desenvolvimento de softwares, conseguem criar automações e aplicativos simples para si próprios, devido a baixa barreira de entrada para se adotar essas tecnologias. Dessa maneira, são economizados ou evitados investimentos em infraestrutura e recursos humanos para se manter e criar soluções que utilizam código profissional ou *pro code*, que é muito impactante no orçamento de pequenas e médias empresas.

Ainda em Pańkowska (2024) é introduzido o papel dos “facilitadores *low code*”, que são justamente desenvolvedores profissionais que suportam, capacitam e ajudam a fortalecer a comunidade de *citizen developers*. A autora ainda faz uma segregação em dois cenários de desenvolvimento, um para pequenas e médias empresas onde o desenvolvimento é feito inteiramente pelo *citizen developer* e todos os elementos e requisitos do sistema são sua responsabilidade.

O outro cenário é mais comum em grandes empresas onde há a integração com sistemas externos ou legados, e assim é necessário o envolvimento das partes interessadas na elucidação dos requisitos e na definição das lógicas de negócio. Esse segundo cenário é mais adequado ao contexto desse trabalho, porém as sugestões apresentadas pela autora são focadas num ciclo de vida gerenciado pelo próprio *citizen developer*, onde ele próprio já sabe os requisitos daquilo que quer desenvolver, e em poucos casos precisa de apoio para defini-los.

Como reforçado, em Pańkowska (2024), o desenvolvimento *low code* não é amplamente utilizado por engenheiros de software profissionais, e há ainda uma falta de padrões e materiais de apoio para a comunidade de desenvolvedores. Para os *citizen developers* esses padrões realmente são mais difíceis de serem definidos devido à heterogeneidade dos motivos que levam ao uso do *low code* e mesmo dos próprios desenvolvedores que tem bases de conhecimentos e visões muito diferentes entre si. Todavia, quando se fala de desenvolvimento profissional e a prestação de um serviço, isso se torna mais fácil. Mesmo que o ciclo de vida e processos técnicos definidos não tenham uma sobreposição exata em outros contextos, podem ser modificados ou complementados por outros profissionais antes de serem aplicados.

2.3.2 Exploring Low-Code Development: A Comprehensive Literature Review

O trabalho realizado em Rokis & Kirikova (2023), trás uma síntese do desenvolvimento utilizando ferramentas *low-code* abordando sua definição, suas características, seus benefícios e seus desafios. O autor trás seguinte definição para o desenvolvimento de software *low-code*:

“é uma abordagem de desenvolvimento que melhora o desenvolvimento rápido, flexível e iterativo tornando possível uma rápida tradução dos requisitos de negócios através de uma programação visual com uma interface gráfica, abstração visual, e minimizando a programação manual; envolvendo praticantes com variadas bases de conhecimento e níveis de experiência em desenvolvimento de software.”

Uma plataforma de desenvolvimento *low-code* possui algumas funcionalidades chave que são necessárias para viabilizar um ambiente gerenciável e um desenvolvimento rápido e robusto. Uma dessas funcionalidades indicadas é o suporte à modelagem dos requisitos. A importância dessa funcionalidade segundo o autor é garantir a correta implementação dos requisitos bem como garantem a rastreabilidade e verificação. Vale citar que nem toda plataforma possui todas as funcionalidades, elas na verdade são as mais comuns dentre várias plataformas que serviram de pesquisa.

O ciclo de vida de desenvolvimento *low-code* proposto em Rokis & Kirikova (2023) é bem semelhante a um ciclo de vida ágil, com as seguintes etapas: idealização e análise de requisitos, planejamento, design da aplicação, desenvolvimento, testes, implantação, e manutenção.

Dentre os benefícios citados pelo trabalho para a utilização do *low-code*, está a redução de custo, aceleração do ciclo de desenvolvimento, aumento da responsabilidades ao negócio e

mercado, promoção da inovação digital e maior colaboração entre o time de desenvolvimento e negócios.

Em contraste, os desafios para essa abordagem apresentados na etapa de análise de requisitos são a especificação dos requisitos e a contante mudança dos requisitos. E um dos 13 princípios apresentados para o desenvolvimento *low-code* é justamente suportar essa mudança nos requisitos. Isso retém os clientes e vai de encontro com as necessidades do negócio, onde as organizações precisam dessa habilidade para responder a mudanças de mercado e processos. Os autores deixam claro ainda que os desenvolvedores *low-code* devem manter um mente aberta para essas mudanças, permitindo deixar fluir a dinâmica do mercado e do negócio. Pelo fato dessa abordagem de desenvolvimento ser rápida e ter um ciclo de vida mais curto, isso se torna possível mas continua desafiador.

Capítulo 3

Aspectos Socioeconômicos e Humanidades

A digitalização de processos empresariais é uma estratégia indispensável para aumentar a competitividade, eficiência e segurança nas operações, conforme enfatizado por Sebrae (2023). Estudos apontam que sua adoção pode:

- Elevar a produtividade: Com ganhos de até 30%, ao reduzir em até 90% o tempo para tarefas repetitivas, permitindo que colaboradores se concentrem em atividades estratégicas.
- Aumentar a eficiência: A automação otimiza fluxos de trabalho, com melhorias de até 80% na performance operacional, reduzindo prazos de entrega e aumentando a satisfação dos clientes.
- Reduzir custos: Economias podem chegar a 90% no processamento de dados, 30% na manutenção de equipamentos e 40% na gestão documental.
- Melhorar a experiência do cliente: Processos digitais permitem respostas mais rápidas e personalizadas, podendo aumentar a receita em até 10% e impulsionar o crescimento das empresas em 2,2 vezes.
- Aumentar a segurança da informação: Com controles mais rigorosos, a proteção de dados pode ser ampliada em até 50%, reduzindo riscos e fortalecendo a confiabilidade.
- A digitalização, portanto, transforma não apenas a operação interna das empresas, mas também sua interação com clientes e o mercado, assegurando competitividade e sustentabilidade a longo prazo.

Capítulo 4

Metodologia

Para o TCC2, eu preciso que você reescreva o capítulo mudando o tempo verbal do futuro para o presente ou passado. Ou seja, ao invés de dizer que irá fazer algo, preciso que você escreva que está propondo tal coisa e que tal coisa foi feita da forma X.

Como fundamento do desenvolvimento desse trabalho, está a utilização das técnicas de ES para tornar o dia-a-dia de trabalho e gestão de atividades mais claros e concisos. Além disso, serão especificadas deficiências no processo ou ciclo de vida que, apesar de já serem conhecidas, não estão bem colocadas ou esclarecidas.

Pode ser definido como primeira etapa de trabalho a definição do ciclo de vida como é hoje. Através do estudo do fluxo atual, são definidos os eventos de cada estágio, os entregáveis de cada estágio e os pontos de decisão entre os estágios.

Resumindo, o serviço prestado é basicamente a concepção de diferentes sistemas para atender requisitos específicos em cada caso trazido ao nosso (geralmente, não é colocado em primeira pessoa; você pode escrever como se fosse um observador de fora, mesmo sendo parte da coisa) time, para desenvolvimento e/ou sustentação.

Para ajudar a construir esse ciclo de vida será desenvolvida a arquitetura dos elementos do sistema e estabelecida a relação com as funcionalidades. Assim, pode ser definido todas as opções de possíveis sistemas do serviço prestado, através das combinações de elementos do sistema e das funcionalidades.

Após essa primeira parte do trabalho, com os artefatos e documentações já produzidas, será feita a análise e listagem, dos problemas e deficiências encontradas agora. Focado na parte de gestão de requisitos e rastreabilidade dos sistemas desenvolvidos, serão dados mais detalhes e especificações dos problemas identificados bem como apresentada uma proposta de solução.

Sobre a proposta mencionada anteriormente, se trata do desenvolvimento de uma aplicação *low code* utilizando as ferramentas e recursos da *Power Platform* para correlacionar os elementos do sistema e os requisitos levantados.

Depois de desenvolvida a aplicação, ela será colocada em operação para a coleta de dados de utilização, bem como a percepção dos outros integrantes do time sobre pontos de melhoria ou críticas sobre ela. Métricas de estimação de esforço de novas funcionalidades ou

alterações podem ser coletadas com mais precisão após essa implementação, pois as relações entre os componentes estão definidas com clareza. Esse resultado poderá ser coletado com uma comparação entre as estimativas para uma mesma tarefa utilizando ou não a ferramenta desenvolvida.

Por fim, será concatenados todos os resultados colhidos para uma análise e avaliação do trabalho realizado. Pontos de melhoria notados no decorrer das atividades realizadas, mas fora do escopo definido, serão indicados para futuras evoluções ou prosseguimento do trabalho.

4.1 Ciclo de vida

Inicialmente definiu-se em formato de fluxograma o processo do serviço prestado, para dessa forma ser mais fácil o entendimento da ordem das etapas. Depois traremos essa representação para o formato esperado na ES. A figura 4.1 mostra esse fluxograma.

Entrando agora no detalhamento de cada um dos blocos existentes:

- **Formulário de novo desenvolvimento**

- Descrição: Esse formulário é o ponto de entrada de uma nova demanda para o time. Quando uma área cliente manifesta a necessidade e procura o auxílio do time, ela é direcionada a responder esse formulário online com uma série de perguntas. E há ainda, casos em que auditorias internas encontram irregularidades em processos existentes, e os encaminham para entrar em contato com o time para possíveis soluções de remediação, novamente eles são direcionados para responder o formulário.
- Objetivos: Obter informações de contato e departamento do requisitante bem como o centro de custo em caso de possíveis cobranças no futuro. Levantar informações iniciais sobre a solução desejada como classificação dos dados envolvidos, interdependência com outras áreas e quais dores seriam sanadas com o desenvolvimento. Coletar dados e percepções que ajudem a mensurar o valor para a área e para a empresa como um todo, ao ser desenvolvida uma solução para essa demanda. Solicitar documentação disponível do processo atual caso exista.
- Saídas: Registro das respostas ao formulário, anexos e documentações enviadas.

- **Reunião de contextualização**

- Descrição: Após recebida e revisada a resposta do formulário, o gerente de projetos organiza essa reunião com os desenvolvedores envolvidos e o requisitante, orientando-o a convidar todas as outras partes interessadas. Nessa reunião, o requisitante faz uma nova explicação dos problemas e possíveis de soluções, e também são sanadas possíveis dúvidas sobre as respostas do formulário e sobre a documentação enviadas anteriormente.
- Objetivos: Entender o papel de todas as partes interessadas na operação. Ver o processo atual existente sendo executado integralmente pelos responsáveis. Obter

exemplos de artefatos do processo como emails enviados, arquivos gerados ou compartilhados, indicadores calculados e outros artefatos que sejam importantes, caso existam. Discutir casos de uso e cenários que não existem atualmente mas são desejáveis na solução. Discutir políticas de retenção de dados.

- Saídas: Gravação da reunião e operação atual. Arquivos com os exemplos de artefatos do processo atual.

- **Estimativa de tarefas e esforço**

- Descrição: Nessa etapa os desenvolvedores de maior senioridade realizam uma sintetização das necessidades e requisitos para propor um ou mais cenários de solução. Assim, em um curto espaço de tempo, são definidas histórias de usuário em um alto nível, sem muito detalhamento, para que seja estimado o esforço e tempo total necessário para o desenvolvimento dos cenários de solução.
- Objetivos: Definir cenários de solução para o caso trazido pelo cliente. Estimar o esforço e tempo necessário para executar as tarefas definidas para cenário.
- Saídas: Documento com cenários propostos, tempo e esforço necessários para cada um.

- **Análise do retorno por esforço**

- Descrição: Ao receber o documento da etapa anterior o gerente de projetos de reúne com o gerente e o diretor da área, onde realizam uma análise de enquadramento de escopo de todas as submissões que estão aguardando o início do desenvolvimento, e depois uma priorização das que serão iniciadas. Essa etapa é realizada em uma menor frequência, geralmente bimestralmente, salvo exceções em que envolvem uma falha em auditoria e que precisam de mais celeridade.
- Objetivos: Definir se a demanda solicitada está no escopo do time (dentro das capacidades técnicas do time, dentro do tempo máximo de desenvolvimento por projeto, não conter dados estritamente confidenciais, gerar um valor que valha o investimento). Priorizar a ordem de execução das tarefas.
- Saídas: Lista com os projetos selecionados e priorizados para execução.

- **Retorno para o cliente**

- Descrição: Quando um projeto é definido como fora de escopo, é marcada uma reunião com o requisitante e apresentado os motivos da decisão. A depender do motivos são passadas orientações para a área cliente, como procurar outro time de desenvolvimento interno na empresa, utilizar uma ferramenta existente no mercado, contratar time externo para executar o projeto, ou mesmo redefinir os requisitos e necessidades e submeter novamente para análise. Essa etapa é um dos possíveis fins do fluxo de serviço.
- Objetivos: Apresentar uma devolutiva ao requisitante da demanda. Orientar sobre possíveis alternativas.
- Saídas: Ata da reunião com principais tópicos, decisões, e participantes.

- **Apresentação da linha do tempo do projeto para o cliente**

- Descrição: Quando um projeto é definido como dentro do escopo e priorizado, é marcada uma reunião com o requisitante para dar um retorno sobre essa priorização. O gerente de projetos apresenta como ficou a linha do tempo estimada para os diferentes cenários e quando será iniciado o desenvolvimento.
- Objetivos: Apresentar o cronograma e início do desenvolvimento. Definição de qual cenário será desenvolvido. Coletar possíveis ressalvas quanto aos prazos informados. Definir agendas para acompanhamento do progresso do desenvolvimento.
- Saídas: Ata da reunião com principais tópicos, decisões, e participantes. Agenda com as reuniões de acompanhamento.

- **Desenvolvimento da solução**

- Descrição: Esta é a etapa dedicada ao trabalho de desenvolvimento de programação da solução proposta e escolhida. A partir das histórias de usuário criadas anteriormente, semanalmente são criadas tarefas detalhando as atividades a serem realizadas na próxima semana para cada história de usuário.
- Objetivos: Detalhar as histórias de usuário em tarefas. Executar as tarefas de cada história de usuário.
- Saídas: Solução desenvolvida com todas as suas funcionalidades.

- **Teste e homologação**

- Descrição: Ao ser finalizado o desenvolvimento da solução é realizada uma demonstração ao requisitante e às partes interessadas. A solução é implantada no ambiente de qualidade para que os usuários façam testes e validem se as funcionalidades e requisitos foram cumpridos. Em paralelo o time de desenvolvimento trabalha para corrigir problemas encontrados.
- Objetivos: Usuários validarem as funcionalidades da solução desenvolvida. Corrigir possíveis problemas encontrados. Definir uma data para fim dos testes em qualidade.
- Saídas: Relatório de problemas encontrados na ferramenta. Relatório com possíveis melhorias futuras. Relatório com as correções realizadas.

- **Entrega única ou suporte e melhorias**

- Descrição: Nessa etapa se inicia o encerramento do projeto. É realizada uma reunião com o requisitante e as partes interessadas, onde discute-se sobre como foi o andamento do projeto e são explicadas as opções de continuidade para a área cliente demandante. Onde existem as opções de contratarem um plano de suporte e melhorias com o time de desenvolvimento ou seguirem por conta própria com a solução desenvolvida.
- Objetivos: Formalizar a entrega da solução desenvolvida. Apresentar com mais detalhes as opções de continuidade. Estipular um prazo para retorno sobre qual será a opção escolhida, caso não seja decidido na reunião.

- Saídas: E-mail com a formalização da entrega. Prazo para decisão dos próximos passos.
- **Envio do pacote da solução e entrega da documentação**
 - Descrição: Caso o requisitante e sua área decidam por não contratar o pacote de suporte e melhorias, são enviadas por e-mail as instruções de como dar continuidade à operação da solução, bem como o pacote contendo a própria solução desenvolvida. Espera-se um atestado de recebimento or parte do requisitante.
 - Objetivos: Enviar documentação fucional da solução desenvolvida. Enviar pacote com a solução desenvolvida.
 - Saídas: E-mail com os documentos de entrega do projeto. Atestado de recebimento dos arquivos, que simboliza o encerramento do projeto.
- **Acordo de suporte e melhorias**
 - Descrição: Ao optar por seguir com o pacote de suporte e melhorias, são definidas as horas mensais dedicadas e valor a ser pago para esse pacote. Além disso, é demonstrado como são abertas requisições de suporte e melhorias.
 - Objetivos: Definir horas e custos mensais do pacote se suporte e melhorias. Obter autorização para débito no centro de custo da área cliente.
 - Saídas: E-mail com acordo de suporte e melhorias.
- **Rotina de manutenção e suporte**
 - Descrição: A aplicação é implantada no ambiente produtivo e liberada para operação aos usuários.
 - Objetivos: Implantar a solução em produção. Encerrar o projeto de desenvolvimento. Iniciar suporte e manutenção da solução.
 - Saídas: E-mail com instruções de acesso e utilização da ferramenta. E-mail com as instruções para criação de requisições de suporte.

Para as áreas que não optaram por seguir com um acordo de suporte e melhorias, caso seja necessário uma nova implementação ou modificação relacionada à solução desenvolvida, deverão responder novamente o formulário e passar por todo o processo de análise de retorno por investimento e priorização, como uma nova demanda. Já as que tem o acordo de suporte e melhorias, podem utilizar as horas mensais e fazer o balanceamento das mesmas para realizar essas implementações sem passar por todo o processo. Entretanto, mesmo com o acordo, caso seja uma modificação muito grande ou uma nova funcionalidade que demande muito tempo de desenvolvimento, é necessário responder o formulário e iniciar como uma nova demanda ao time, porém ao fim não precisam de um novo acordo de suporte e melhorias, pois já o possuem.

Trazendo o cilo de vida em “V” mencionado anteriormente, as areas que possuem o contrato de suporte percorrem todas os estágios, dos dois lados do “V”. Já as outras áreas, param na primeira metade.

4.1.1 Adequação de representação

Tendo todas as etapas do processo sido explicadas, são feitas suas relações com os estágios e fases do ciclo de vida proposto na engenharia de sistemas. De maneira descritiva sem ainda avaliar a otimização ou melhoria do ciclo de vida podemos representar o ciclo de vida com as figuras 4.2, 4.3 e 4.4.

Olhando para o estágio de Conceito na figura 4.2, na fase de **Análise das necessidades** temos as etapas de **Fomulário de nova demanda** e **Reunião de contextualização**. De fato, nessas etapas é realizado o primeiro contato com as áreas clientes e visto a operação que se deseja digitalizar ou otimizar. De forma macro já é entendida as principais capacidades do sistema bem como uma pré-análise de quais tecnologias utilizar.

Agora na fase de **Exploração do Conceito** foram alocadas as etapas de **Estimativa de tarefas e esforço** e **Análise de retorno por esforço**. A etapa de **Estimativa de tarefas e esforço** já começa a documentar alguns requisitos e separar subsistemas para mensuração de esforço de desenvolvimento, nela são propostas mais de uma abordagem de solução quando aplicável e também é analisada a viabilidade técnica. A etapa de **Análise de retorno por esforço** também foi posicionada nessa fase pois nela ocorre a análise de viabilidade estratégica de desenvolvimento do sistema.

Foi destacado ainda o ponto de decisão entre a fase de **Exploração do Conceito** e de **Definição do Conceito**, que é justamente após a análise de viabilidade estratégica. Nesse ponto, é decidido se será empenhado mais esforço a fim de continuar o trabalho para o desenvolvimento da solução ou o cancelamento da iniciativa, interrompendo o ciclo de vida de avançar, acontece nesse caso a etapa de **Retorno ao Cliente**.

Na fase de **Definição do Conceito** temos a etapa de **Apresentação da linha do tempo**, pois nessa apresentação são sugeridas as alternativas de desenvolvimento que satisfaçam os requisitos estabelecidos, de maneira integral ou não, e suas justificativas para serem utilizadas.

Voltando a atenção para o estágio de Desenvolvimento, na primeira fase de **Desenvolvimento Avançado** temos novamente a etapa de **Apresentação da linha do tempo**, pois é realizada a apresentação das histórias de usuário, buscando a validação das partes interessadas. São apresentadas as principais funcionalidades junto com a programação de desenvolvimento e também discutido o cronograma, captando os riscos do mesmo, no ponto de vista dos outros interessados.

Na fase de **Projeto de Engenharia** se encontra a etapa de **Desenvolvimento da solução**, é feita a programação dos componentes do sistema através das histórias de usuário definidas semanalmente. Nesse caso os desenvolvedores e engenheiros empenham os esforços nos componentes onde são especialistas, e depois de desenvolvidos os testam individualmente.

Por fim, na fase de **Integração e avaliação** está alocada a etapa de **Testes e Homologação** visto nessa etapa é realizada a integrações entre os componentes e os testes juntamente com a área demandante e um grupo pequeno do time operacional para simular o dia a dia de utilização

da solução. São avaliadas a qualidade e completude das funcionalidades pré-estabelecidas anteriormente, e uma avaliação geral do escopo do sistema.

Nos estágios de pós-desenvolvimento, em **Produção** temos as etapas de **Entrega única ou suporte e melhorias** e **Envio do pacote da solução e entrega da documentação**, na primeira ocorre o aceite da entrega da solução/sistema e após isso é realizado a implantação do sistema em ambiente produtivo. Nesse ponto a documentação do sistema também deve estar feita e disponibilizada. Uma nuance do estágio de produção ocorre de acordo com a decisão tomada pela area cliente na etapa **Entrega única ou suporte e melhorias**, pois caso não optem pelo plano de suporte e melhoria, a implantação do sistema ocorre em um ambiente gerenciado por eles, e não pelo time de desenvolvimento, e por isso ocorre a etapa **Envio do pacote da solução e entrega da documentação**.

É destacado outro ponto de decisão, entre o estágio de **Produção** e o de **Utilização e Suporte**, pois como dito, o ciclo de vida continua apenas se for feito a contração do serviço de suporte. Ressaltando que o sistema vai ser utilizado, mas deixa de ser responsabilidade do time de desenvolvimento.

O estágio de **Utilização e Suporte** compreende as etapas de **Acordo de suporte e melhorias** e **Rotina de utilização e suporte**, onde os usuários, já utilizando o sistema, relatam falhas, problemas e melhorias que são corrigidas ou implementas ainda nesse estágio, ou seja, a segunda metade do ciclo de vida em “V”.

Ainda não existe uma etapa criada para **Descontinuação**, sendo que o time é relativamente novo com cerca de dois anos de criação não houve caso de obsolescência mapeado até então.

4.1.2 Avaliação do ciclo de vida

Ao longo da repetição desse ciclo de vida para cada solução desenvolvida, já havia sido notado um deficiência na parte de definição e validação de conceito. Por vezes, já no fim da fase de **Projeto de Engenharia** ou durante a fase de **Integração e avaliação** eram identificadas funcionalidades essenciais que não havia sido mapeadas, ou ainda um desenvolvimento que tecnicamente funcionava mas que desenpanhava uma funcionalidade desalinhada com a real intenção das partes interessadas.

Olhando para a representação do ciclo de vida de acordo com as definições da ES, fica mais claro identificar a raiz dessa deficiência bem como o que pode ser feito para mudar. A transição entre os estágios de Conceito e Desenvolvimento, marcado pelas fases de Definição de Conceito e Desenvolvimento avançado, apresenta uma falta de artefatos ou documentos que permitiriam essa transição de forma suave mas concisa.

Um ponto em destaque é que no caso essas duas fases estão representadas por uma única etapa, e que não contempla todas as características das fases, a etapa de **Apresentação da linha do tempo**. Ela contempla características como a definição e validação do conceito do

sistema, mas não desce mais níveis na hierarquia, como validação de subsistemas ou alocação de componentes.

Olhando em conjunto para a tabela 2.2 sobre a materialização do sistema e as fases de Definição de Conceito e Desenvolvimento avançado, é observado e destacado em vermelho e laranja os seguintes pontos falhos, mostrados na figura 4.5.

Em vermelho, temos as tarefas ou atividades que são completamente ignoradas nessas fases:

- Arquitetura física e funcional: não é realizada a documentação da arquitetura do sistema na fase de definição de conceito, mesmo que os desenvolvedores já tenham uma boa noção de como seria o resultado final, sem esses artefatos não é possível a validação dos subsistemas, ou mesmo realizar um gerenciamento de riscos efetivo. Sem as arquiteturas definidas, mesmo que em auto nível, as outras partes interessadas não conseguem contribuir tanto no ponderamentos.
- Aloca funções a componentes: como não existe nenhuma das duas arquiteturas essa tarefa não é realizada, pois seria justamente definir as relações entre as arquiteturas, e gerando assim uma forma de garantir a rastreabilidade do sistema.
- Validação de subsistemas: essa é outra tarefa que não é realizada justamente pela falta da documentação das arquiteturas do sistema. Sendo assim, é a raiz de algumas falhas de entendimento dos requisitos e que acarretam a inclusão ou modificação de funcionalidades no estágio de **Integração e avaliação**, e que afeta diretamente nos prazos estipulados.

Já em laranja, temos algumas atividades que são parcialmente realizadas no ciclo de vida atual:

- Análise de alternativas: Essa atividade é parcialmente realizada, pois
- Gerenciamento de riscos:
- Especificações de componentes:

4.2 Proposta de modificações

4.2.1 Arquitetura do Sistema

Na figura 4.6 pode ser observada um padrão de arquitetura física para os sistemas desenvolvidos. Ela contém todos os possíveis elementos do sistema que podem ser utilizados para a arquitetura final de cada projeto executado.

Já na figura 4.7 temos o padrão de arquitetura funcional para os sistemas desenvolvidos, e mais uma vez, contém todas as possibilidades de funções disponíveis e que podem ser implementadas no sistema de interesse.

4.3 Instrumentos e Materiais

A documentação do ciclo de vida atual do sistema de serviço será feita a partir do desenvolvimento de diagrams que representarão os estágios e etapas do ciclo de vida do serviço prestado. Nelas serão destacadas as saídas e entradas. O diagrama será confeccionado na ferramenta online *Draw.io*, que é uma ferramenta gratuita para o desenho de diagramas de diferentes tipos e não restringe o salvamento do arquivo final, mantendo assim a alta qualidade dos diagramas com imagens vetorizadas.

A arquitetura completa das possíveis funcionalidades das soluções desenvolvidas será documentada a partir de blocos de funcionalidades através *Draw.io*. Onde couber, serão estabelecidos os relacionamentos entre as funcionalidades.

A criação da arquitetura geral das soluções desenvolvidas será realizada a partir do mapeamento de todos os possíveis elementos do sistema, sendo esses atômicos ou subsistemas, cobrindo todos os recursos disponíveis para o desenvolvimento das soluções. Também será feito o relacionamento entre esses elementos e suas designações dentre as funcionalidades mapeadas anteriormente. Novamente, o desenvolvimento será também na ferramenta online *Draw.io*.

O levantamento e especificação dos problemas do ciclo de vida atual não requer a utilização de uma ferramenta específica. Ele consiste na análise das entregas das tarefas anteriores, bem como da experiência vivida na rotina em estudo para a definição desses problemas, e então seus detalhamentos. Sendo que a deficiência da gestão de requisitos e da rastreabilidade, já levantada previamente, terá um desenvolvimento mais aprofundado nos conceitos teóricos e referências.

A criação da arquitetura e projeto conceitual do aplicativo será feita a partir da definição de todas as funcionalidades e definições do aplicativo, bem como o registro de sua arquitetura e modelagem dos bancos de dados. Para o registro da arquitetura e da estrutura do banco de dados será utilizado mais uma vez a ferramenta online *Draw.io*.

A aplicação será desenvolvida com as ferramentas e recursos disponíveis na *Power Platform*. Para a interface de usuário será utilizado o *Power Apps*, para automações assíncronas e integrações com sistemas externos será utilizado o *Power Automate*, para a criação do banco de dados será utilizado o *Dataaverse*, que suporta bancos relacionais, e para envios de notificações é utilizado o *Outlook*.

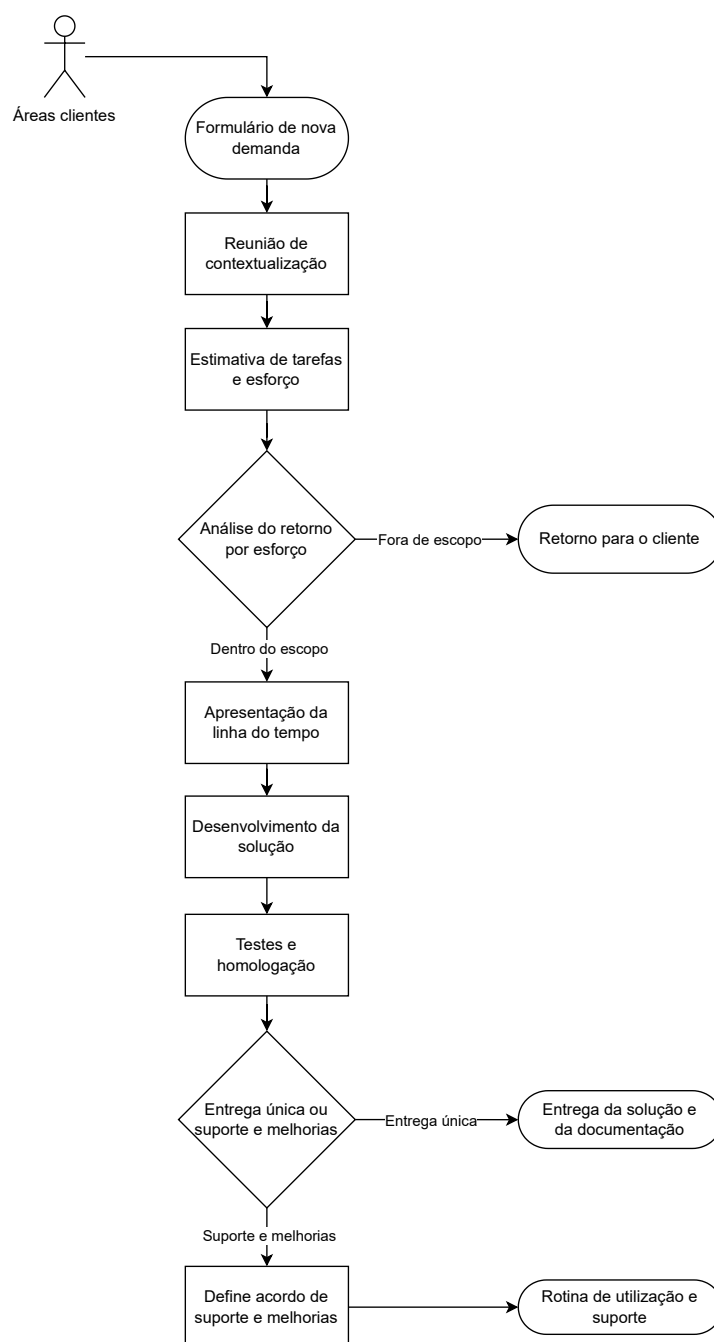


Figura 4.1: Fluxograma do processo que descreve o serviço prestado.

Fases de Estágio de Conceito

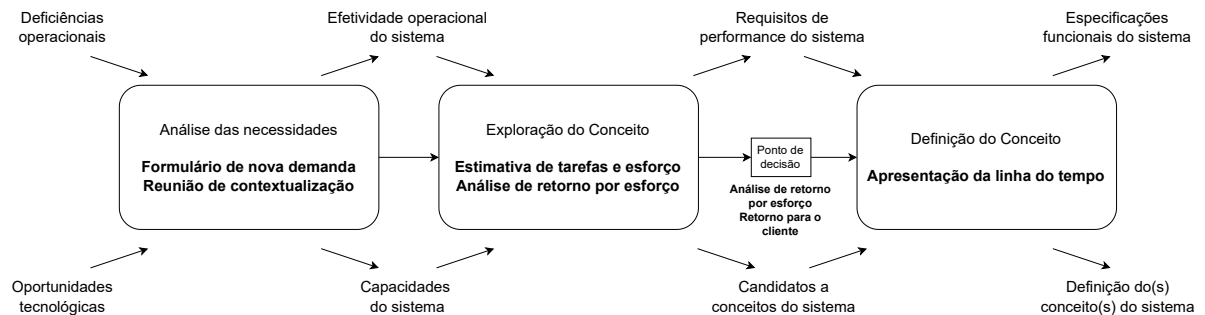


Figura 4.2: Relação com as fases do estágio de Conceito

Fases de Estágio de Desenvolvimento

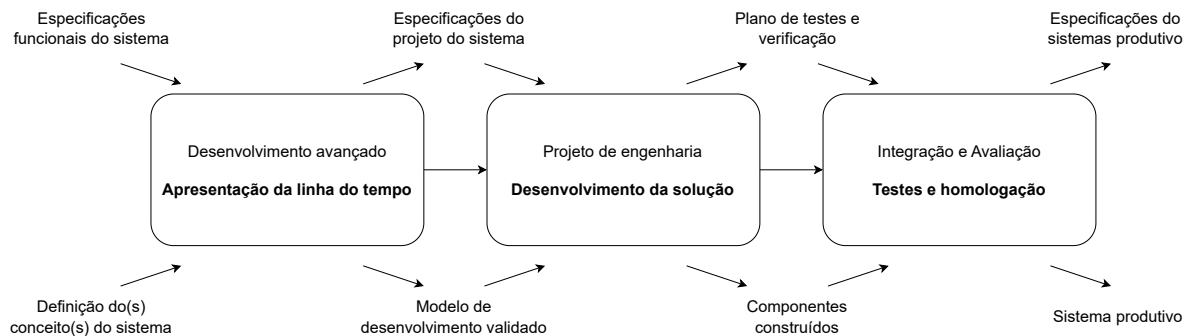


Figura 4.3: Relação com as fases do estágio de Desenvolvimento

Estágios Pós-Desenvolvimento

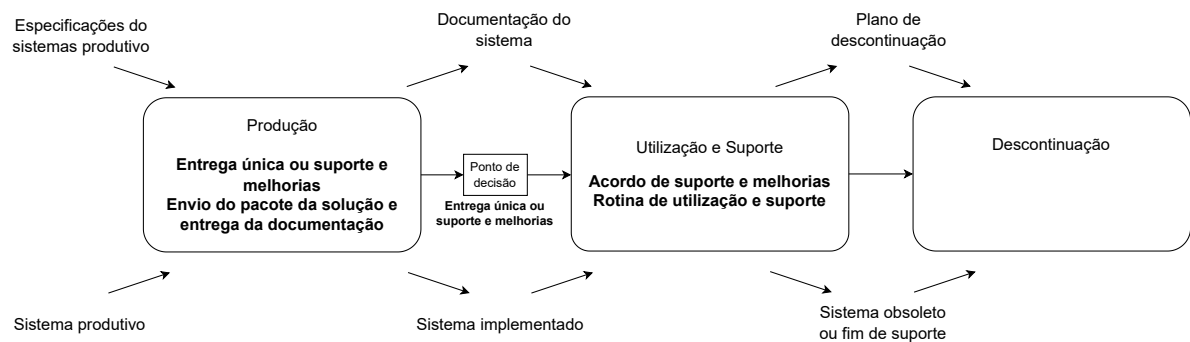


Figura 4.4: Relação com os estágios Pós-Desenvolvimento

Fase \ Nível	Estágio de Conceito			Estágio de Desenvolvimento		
	Análise das necessidades	Exploração do Conceito	Definição do Conceito	Desenvolvimento avançado	Projeto de engenharia	Integração e Avaliação
Sistema	Define as capacidades e efetividades do sistema	Identifica, explora e sintetiza conceitos	Define conceitos selecionados e especificações	Validação de conceito		Teste e avaliação
Subsistema		Define requisitos e garante viabilidade	Define arquitetura funcional e física	Validação de subsistemas		Integração e testes
Componente			Aloca funções a componentes	Define especificações	Projeto e testes	Integração e testes
Subcomponente				Aloca funções a subcomponentes	Projeto	
Peças					Fazer ou comprar	

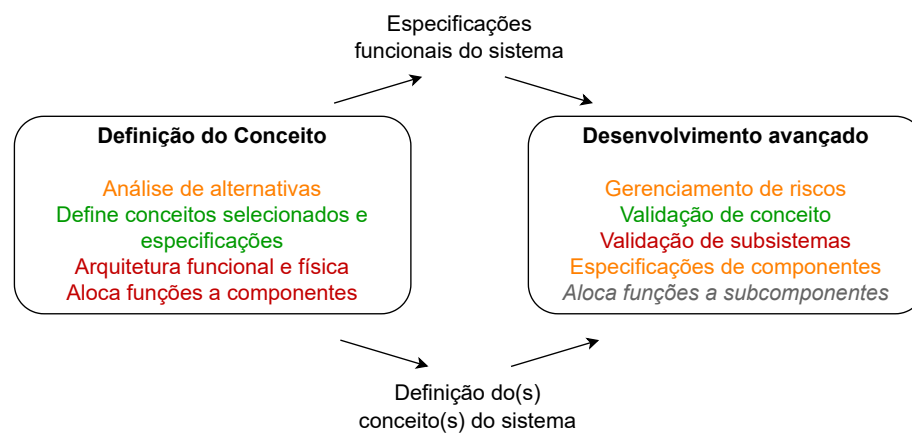


Figura 4.5: Destaque dos pontos falhos no ciclo de vida

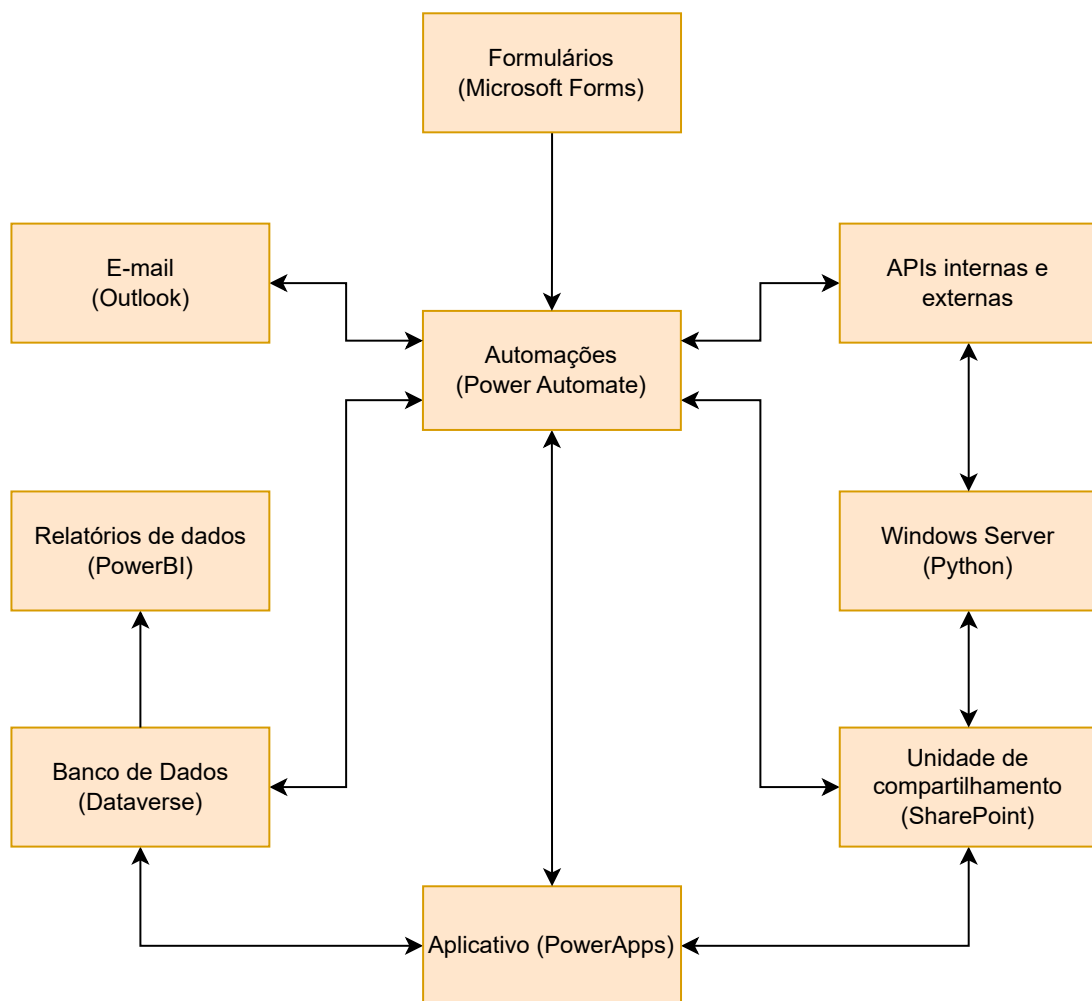


Figura 4.6: Padrão de arquitetura física dos sistemas desenvolvidos.

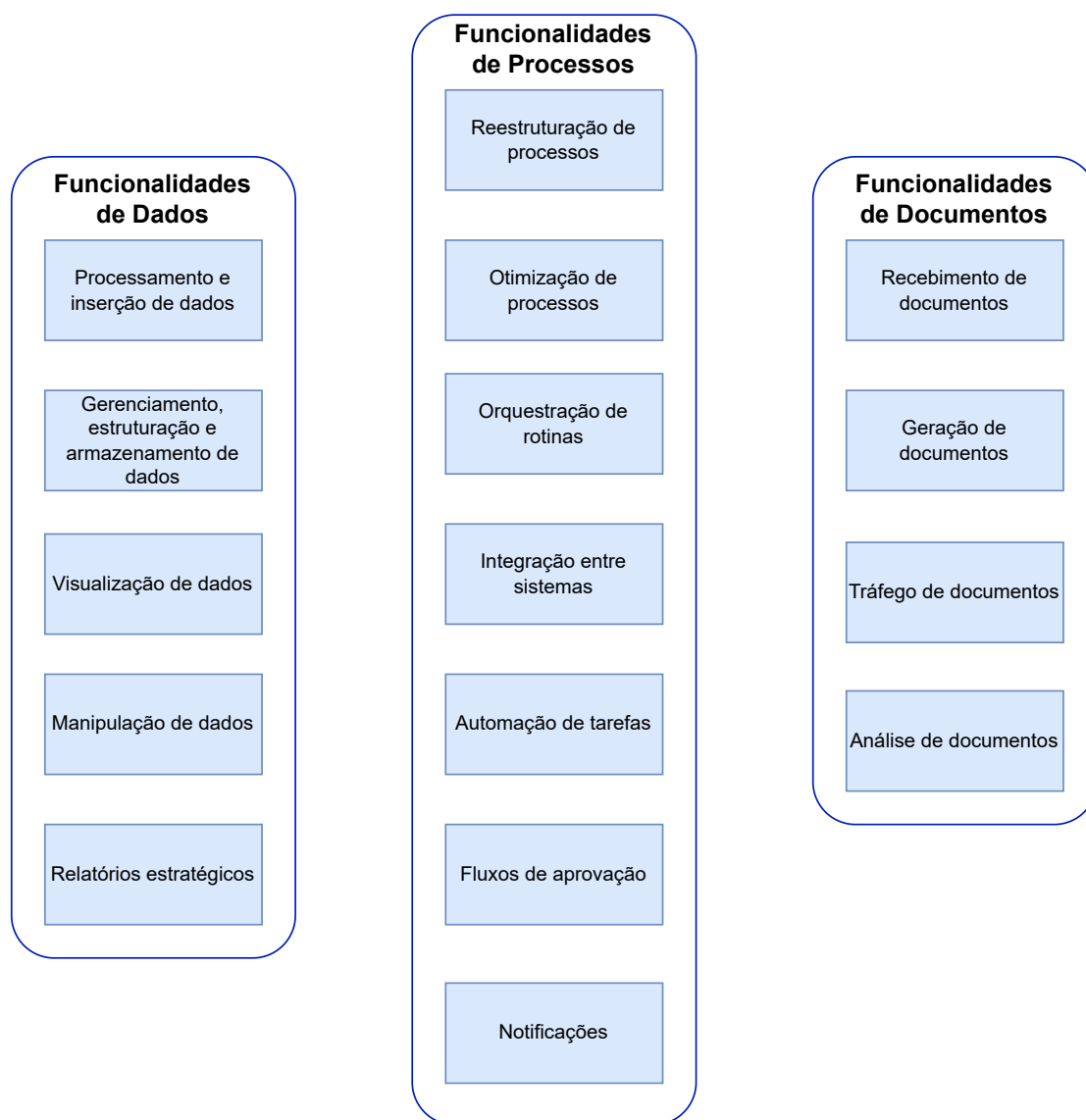


Figura 4.7: Padrão de arquitetura funcional dos sistemas desenvolvidos.

Referências Bibliográficas

- INCOSE (2023). INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities. International Council on Systems Engineering (INCOSE), San Diego, CA, 5th edition.
- Kossiakoff, A., Biemer, S. M., Seymour, S. J. & Flanagan, D. A. (2020). Systems Engineering: Principles and Practice. Wiley Series in Systems Engineering and Management. Wiley, Hoboken, NJ, 3rd edition.
- Pańkowska, M. (2024). Low code development cycle investigation. In Yang, X.-S., Sherratt, S., Dey, N. & Joshi, A., editors, Proceedings of Ninth International Congress on Information and Communication Technology, pages 265–275, Singapore. Springer Nature Singapore.
- Rokis, K. & Kirikova, M. (2023). Exploring low-code development: A comprehensive literature review. page 68–86.
- SEBoK Editorial Board (2024). The Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK). The Trustees of the Stevens Institute of Technology, 2.11 edition. Acesso em: 14 jan. 2025. www.sebokwiki.org.
- Sebrae (2023). Como a digitalização de processos impacta os resultados da empresa. Acesso em: 14 jan. 2025.