



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

MATHEUS SANTOS RODRIGUES

MÉTODO ITERATIVO PARA GERENCIAMENTO DE FLUXOS DE TRABALHO
BASEADO EM PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA QUÍMICA

FORTALEZA

2023

MATHEUS SANTOS RODRIGUES

MÉTODO ITERATIVO PARA GERENCIAMENTO DE FLUXOS DE TRABALHO
BASEADO EM PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA QUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Murilo Tavares de Luna

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R614m Rodrigues, Matheus Santos.

Método iterativo para gerenciamento de fluxos de trabalho baseado em princípios da engenharia química / Matheus Santos Rodrigues. – 2023.
50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Química, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Francisco Murilo Tavares de Luna.

1. Gerenciamento de fluxos de trabalho. 2. Eficiência operacional. 3. Princípios da engenharia química.
I. Título.

CDD 660

MATHEUS SANTOS RODRIGUES

MÉTODO ITERATIVO PARA GERENCIAMENTO DE FLUXOS DE TRABALHO
BASEADO EM PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA QUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Química do
Centro de Tecnologia da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Engenharia Química.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco Murilo Tavares de Luna (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Daniel Vasconcelos Gonçalves
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Rafaelle Gomes Santiago
Universidade Federal do Ceará (UFC)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um método adapta e aplica os princípios fundamentais da Engenharia Química para o gerenciamento de fluxos de trabalhos. O método busca melhorar a eficiência, a qualidade e a organização de processos de trabalho, permitindo uma abordagem mais sistemática e orientada a resultados. A metodologia adotada neste estudo envolve a adaptação de conceitos mais basilares, tais como massa, energia, pressão e velocidade a fim de utilizar princípios da Engenharia Química, por exemplo mecânica dos fluidos, para facilitar a gerência de fluxos de trabalhos. Esses conceitos adaptados servirão como base para o desenvolvimento de um método único que permitirá a gestão eficaz das atividades. Para isso, o método será desenvolvido a partir de uma revisão bibliográfica dos princípios da Engenharia Química e dos principais métodos para gerenciamento de fluxos de trabalho. Além disso, serão exploradas as possíveis aplicações e benefícios do método em diferentes áreas. Os resultados esperados deste trabalho incluem a criação de um método robusto e flexível que poderá ser aplicado em uma ampla variedade de contextos e setores. Espera-se que esse método aprimore a eficiência operacional, aumente a qualidade dos produtos e serviços entregues, otimize o uso de recursos e reduza os riscos associados ao gerenciamento de atividades. Além disso, espera-se que este trabalho contribua para a disseminação de uma abordagem inovadora para o gerenciamento de fluxos de trabalho, promovendo uma visão mais integrada, quantitativa e orientada a resultados nas organizações.

Palavras-chave: Gerenciamento de fluxos de trabalho; Eficiência operacional; Princípios da engenharia química.

ABSTRACT

This work aims primarily to develop a method that adapts and applies the fundamental principles of Chemical Engineering to workflow management. The method seeks to improve the efficiency, quality, and organization of work processes, allowing for a more systematic and results-oriented approach. The methodology adopted in this study involves the adaptation of more basic concepts, such as mass, energy, pressure, and velocity, to apply principles of Chemical Engineering, such as fluid mechanics, to facilitate workflow management. These adapted concepts will serve as the foundation for the development of a unique method that will enable effective activity management. To achieve this, the method will be developed based on a literature review of the principles of Chemical Engineering and the main methods for workflow management. Additionally, the possible applications and benefits of the method will be explored in different areas. The expected outcomes of this work include the creation of a robust and flexible method that can be applied in a wide variety of contexts and sectors. It is anticipated that this method will enhance operational efficiency, increase the quality of products and services delivered, optimize resource utilization, and reduce risks associated with activity management. Furthermore, it is expected that this work will contribute to the dissemination of an innovative approach to workflow management, promoting a more integrated, quantitative, and results-oriented perspective within organizations.

Keywords: Workflow management; Operational efficiency; Principles of chemical engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pilares e valores do Scrum.....	16
Figura 2 - Eventos e artefatos do Scrum.....	17
Figura 3 - Princípios e práticas do Kanban	18
Figura 4 - Sistema clássica do Kanban.....	19
Figura 5 - Simulação da pressão para um processo.....	27
Figura 6 – Desing e controle do processo utilizado pelo time.....	40
Figura 7 - Estrutura dos compósitos e elementos químicos	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comportamento da temperatura.....	24
Gráfico 2 - Simulação de um balanço de massa.....	42
Gráfico 3 - Simulação de um balanço de energia.....	43
Gráfico 4 - Pressão e balanço de massa versus densidade	43
Gráfico 5 - Comparativo entre quantidade de ativos de dados entregues por sprint entre Scrumban e método desenvolvido.....	45
Gráfico 6 - Comparativo entre tempo de inatividade de ativos de dados por sprint entre Scrumban e método desenvolvido.....	46
Gráfico 7 - Análise do time em relação a quais fatores mais contribuíram para as melhorias.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Simulação da temperatura de uma atividade	25
Tabela 2 - Matérias primas mapeadas.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	Application programming interface
SQL	Structured Query Language

SUMÁRIO

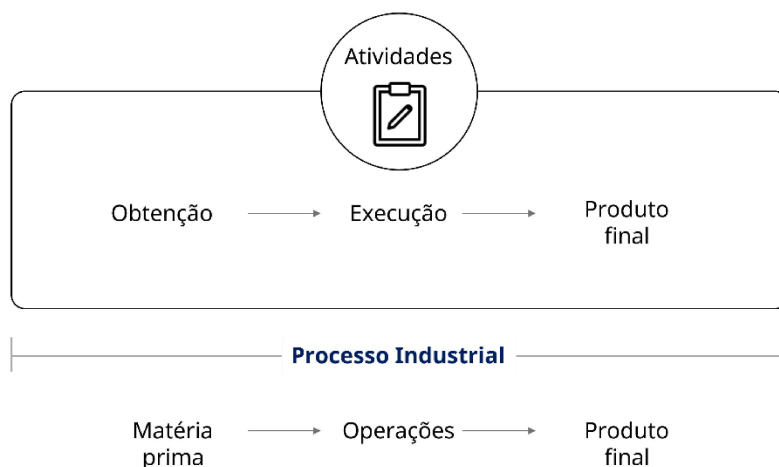
1.	INTRODUÇÃO	9
1.1.	Considerações iniciais	9
1.2.	Motivações e justificativas	10
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
2.1.	Princípios da Engenharia Química	11
2.2.	Fluxos de trabalho	13
2.2.1.	<i>Componentes dos fluxos de trabalho</i>	<i>13</i>
2.2.2.	<i>Fluxos de trabalho de conhecimento</i>	<i>14</i>
2.3.	Abordagens para gerenciamento	15
2.3.1.	<i>Scrum</i>	<i>15</i>
2.3.2.	<i>Kanban</i>	<i>17</i>
2.3.3.	<i>Método cascata</i>	<i>19</i>
2.3.4.	<i>Métodos lineares e iterativos</i>	<i>20</i>
3.	METODOLOGIA.....	22
3.1.	Matéria prima	22
3.2.	Conceitos básicos do método.....	23
3.3.	Reação química	28
3.4.	A abordagem iterativa	29
3.5.	Balanço de massa	29
3.6.	Balanço de energia	30
3.7.	Blocos conceituais	30
3.8.	Implementação	32
3.9.	Vantagens e desvantagens	35
4.	ESTUDO DE CASO	38
4.1.	Contextualização	38
4.2.	Implementação	38
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
6.	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

O cerne dos métodos e metodologias de gerenciamento de atividades, fluxos de trabalho e/ou projetos reside na gerência das atividades a fim de produzir algo útil para as organizações. Essas atividades, em suma, podem ser analisadas em três etapas: obtenção, execução e produto final. Essas etapas podem ser facilmente adaptadas e pensadas como um processo industrial clássico, sendo a obtenção a matéria prima, a execução as operações e o produto final o mesmo (Figura 1). As aplicações tradicionais da Engenharia Química residem na sua aplicação nesses processos industriais. Dessa, é possível pensar na Engenharia Química como algo que pode gerenciar as atividades, já que essas passam pelos mesmas etapas que os processos industriais.

Figura 1 - Etapas das atividades associadas as etapas do processo industrial



Fonte: Autor

Nesse contexto, este trabalho propõe uma investigação na criação de um método de gerenciamento de fluxos de trabalho baseado nos fundamentos da Engenharia Química.

A crescente complexidade dos projetos e das atividades de conhecimento em ambientes organizacionais contemporâneos exige abordagens mais eficazes para o seu gerenciamento. O método busca atender a essa necessidade, proporcionando uma estrutura sólida e quantitativa para otimizar a gestão de atividades.

Este trabalho se propõe a responder a questões fundamentais: Como os princípios da Engenharia Química podem ser adaptados para uma abordagem quantitativa no

gerenciamento de fluxos de trabalho? Como o método pode proporcionar uma visão mais integrada e eficiente do processo de trabalho de qualquer natureza? É possível integrar esse novo método com métodos já existentes?

Partindo da premissa de que os conceitos da Engenharia Química podem ser traduzidos de adaptados e aplicados na gestão de atividades de conhecimento, a hipótese deste estudo é que o método desenvolvido representará um avanço na otimização de processos organizacionais e no alcance de resultados mais eficazes.

Será, ainda, realizado um estudo de caso para verificar a consistência e ganhos que o método gerou bem como as dificuldades e pontos negativos gerados pela sua implementação.

1.2. Motivações e justificativas

A importância deste estudo reside na necessidade crescente de abordagens inovadoras e quantitativas para o gerenciamento de fluxos de trabalho, capazes de atender a projetos cada vez mais complexos e dinâmicos. O método tem o potencial de aprimorar a eficiência, a qualidade e a organização de processos de trabalho, contribuindo para o sucesso organizacional.

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é desenvolver e propor um método baseado em princípios da Engenharia Química, com a finalidade de otimizar a gestão de fluxos de trabalho em diferentes contextos e setores. Ainda, os objetivos específicos são:

- Definir fluxos de trabalho e como são comumente gerenciados
- Analisar os princípios fundamentais da Engenharia Química e identificar os conceitos aplicáveis ao gerenciamento de fluxos de trabalho.
- Comparar os resultados obtidos através do método com abordagens convencionais de gerenciamento de fluxos de trabalho.
- Identificar os principais benefícios e limitações do método proposto e suas implicações para a melhoria do gerenciamento de fluxos de trabalho

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Princípios da Engenharia Química

A Engenharia Química é uma disciplina que se baseia em princípios fundamentais, sendo a base os balanços de massa e de energia (HIMMELBLAU, 2012). Esses princípios desempenham um papel crucial na concepção e otimização de processos químicos, mas também podem ser adaptados e aplicados de forma mais ampla, incluindo a gestão de fluxos de trabalho de conhecimento.

O balanço de massa é um princípio fundamental na Engenharia Química que descreve a conservação da massa em sistemas físicos e químicos. Ele fornece uma base sólida para a análise e otimização de processos, ajudando a entender como as substâncias entram, saem e são transformadas dentro de um sistema. O balanço de massa é frequentemente expresso matematicamente por meio de equações que descrevem as entradas, saídas e acúmulo de massa em um sistema baseando no princípio da conservação da massa que estabelece que a massa não pode ser criada ou destruída (HIMMELBLAU, 2012). A equação geral de balanço de massa pode ser expressa pela equação (2.1):

$$\frac{dm}{dt} = \sum (\text{taxa de entrada}) - \sum (\text{taxa de saída}) + \sum (\text{taxa de geração}) - \sum (\text{taxa de consumo}) \quad (2.1)$$

Onde:

- $\frac{dm}{dt}$ é a taxa de variação da massa em relação ao tempo.
- as somas representam as contribuições das diferentes correntes de entrada, saída, geração e consumo de massa no sistema

O balanço de energia é outro princípio fundamental na Engenharia Química, que descreve a conservação da energia em sistemas físicos e químicos. Semelhante ao balanço de massa, o balanço de energia é baseado no princípio da conservação da energia. Esse princípio estabelece que a energia total de um sistema mais a vizinhança não pode ser criada nem destruída (HIMMELBLAU, 2012). A equação (2.2) mostra o cálculo para o balanço de energia.

$$\Delta U_{total} = Q + W - \Delta E_{conv} \quad (2.2)$$

Onde:

- ΔU_{total} é a variação total de energia
- Q é a quantidade de calor transferido através de uma fronteira para o sistema
- W é o trabalho realizado no sistema pelas vizinhanças
- ΔE_{conv} é a energia convectiva. Composta por energia térmica, energia cinética e energia potencial

Além dos princípios fundamentais de balanço de massa e energia, a Engenharia Química abrange diversas ramificações que são essenciais para a compreensão e o desenvolvimento de processos químicos. Essas ramificações são aplicadas de forma específica em diferentes contextos da Engenharia Química e podem ser adaptadas para a gestão de fluxos de trabalho de conhecimento. Existem sete ramificações (HIMMELBLAU, 2012). São elas:

1. **Termodinâmica:** A termodinâmica é a ciência que trata principalmente da energia (CENGEL, 2008). É o estudo das relações entre energia, trabalho e calor em sistemas físicos e químicos. Ela fornece as ferramentas necessárias para entender as propriedades termodinâmicas das substâncias e as transformações energéticas que ocorrem em sistemas. Os conceitos termodinâmicos são fundamentais para a seleção de condições ideais de processo e para o dimensionamento de equipamentos.
2. **Mecânica dos Fluidos:** Ciência que lida com o comportamento de fluidos em movimento e em repouso e descreve como as forças e pressões afetam o comportamento dos fluidos (YUNUS, 2010). É essencial para o projeto de tubulações, sistemas de bombeamento e controle de fluidos em processos químicos.
3. **Transferência de Energia:** A termodinâmica aborda a quantidade de energia transferida, mas não trata sobre taxa de transferência de calor, tópico esse abordado pela transferência de energia (CENGEL, 2008). Ela é crucial para determinar como o calor é trocado em processos térmicos e como o trabalho é realizado em processos mecânicos.
4. **Transferência de Massa:** A transferência de massa está relacionada ao movimento de espécies químicas dentro de um sistema devido a diferença de concentração (WELTY, 2020). É fundamental na separação de misturas e na extração de produtos químicos.
5. **Cinética de Reatores:** A cinética de reatores estuda as taxas de reações químicas e como elas são afetadas por diferentes condições (ESPENSON, 1995). Essa ramificação é essencial para o projeto de reatores químicos e para a compreensão das velocidades de reação em processos químicos.

6. **Controle de Processos:** O controle de processos envolve o gerenciamento e a regulação de variáveis em sistemas de processos. Ele é necessário para manter as operações em condições seguras e eficientes, garantindo que as metas de produção sejam atendidas (ROFFEL, 2007).
7. **Design de Processo:** O design de processo se concentra na concepção de sistemas de processos químicos, considerando aspectos como seleção de equipamentos, layout de instalações e otimização de fluxos. Ele é essencial para transformar conceitos em processos operacionais (SMITH, 2005).

2.2. Fluxos de trabalho

Antes de explorarmos o gerenciamento de fluxos de trabalho de conhecimento, é fundamental estabelecer uma compreensão sólida do que são fluxos de trabalho em si. Os fluxos de trabalho, também conhecidos como *workflows*, representam a sequência ordenada de atividades, tarefas ou processos que são executados em uma organização ou em um ambiente de trabalho específico. Essas atividades são planejadas e coordenadas de maneira a atingir objetivos específicos. É possível organizar os fluxos de trabalhos em cinco componentes (VAN DER AALST, 2004).

2.2.1. Componentes dos fluxos de trabalho

1. **Atividades e Tarefas:** As atividades são as unidades fundamentais de trabalho dentro de um fluxo de trabalho. Elas consistem em ações específicas que precisam ser realizadas para cumprir um objetivo. Tarefas, por sua vez, são atribuições individuais de atividades a membros da equipe. As atividades também podem ser entendidas como processos atômicos, isto é, não podem ser subdivididos (VAN DER AALST, 2004).
2. **Processos:** Um fluxo de trabalho é frequentemente composto por um conjunto interconectado de atividades e tarefas que, quando executadas na sequência adequada, resultam na realização de uma meta ou objetivo mais amplo.
3. **Coordenação e Integração:** A gestão eficaz de fluxos de trabalho requer a coordenação cuidadosa das atividades e tarefas, assegurando que elas sejam executadas na ordem adequada e que a informação flua sem obstáculos entre elas.

4. **Automação:** Em muitos casos, parte das atividades em um fluxo de trabalho pode ser automatizada por meio de sistemas e ferramentas apropriadas, melhorando a eficiência e liberando recursos para tarefas mais complexas.
5. **Monitoramento e Controle:** Acompanhar o progresso das atividades é essencial para garantir que o fluxo de trabalho esteja ocorrendo de acordo com o planejado. O controle permite fazer ajustes quando necessário.

2.2.2. Fluxos de trabalho de conhecimento

“O conhecimento pode ser visto como informação enriquecida com contexto” (DUSTDAR, 2005). Sendo assim, os fluxos de trabalho de conhecimento são uma categoria específica de fluxos de trabalho que se concentram na gestão de atividades intelectuais e na manipulação de informações em ambientes onde o conhecimento desempenha um papel central. Esses ambientes incluem, mas não se limitam a empresas de consultoria, instituições acadêmicas, laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, setores de tecnologia da informação e qualquer contexto no qual a criação, aplicação e compartilhamento de conhecimento sejam essenciais para alcançar objetivos.

Esse tipo de fluxo de trabalho possui características bem específicas:

1. **Atividades baseadas em conhecimento:** Em contraste com fluxos de trabalho tradicionais, onde as atividades podem ser predominantemente operacionais, os fluxos de trabalho de conhecimento envolvem tarefas intelectuais, como análise de dados, pesquisa de mercado, criação de estratégias, resolução de problemas complexos e tomada de decisões fundamentadas em informações.
2. **Abordagem colaborativa:** Muitas vezes, as atividades de conhecimento são realizadas por equipes interdisciplinares que contribuem com suas experiências e competências para resolver problemas complexos. A colaboração e a comunicação eficaz são componentes críticos desses fluxos de trabalho.
3. **Flexibilidade e adaptabilidade:** Devido à natureza dinâmica do conhecimento e à rápida evolução das informações, os fluxos de trabalho de conhecimento frequentemente precisam ser altamente adaptáveis. Eles devem permitir mudanças de direção, incorporar novos insights e ajustar-se a novas circunstâncias.
4. **Gestão de informações:** O gerenciamento de dados e informações é fundamental. Isso inclui a coleta, organização, análise e disseminação de informações relevantes para apoiar as decisões e ações dos profissionais envolvidos.

5. **Ênfase na qualidade e precisão:** A precisão e a qualidade das atividades de conhecimento são cruciais. Erros ou informações imprecisas podem ter consequências significativas, e, portanto, rigor e revisão são partes intrínsecas desses fluxos de trabalho.

Em resumo, os fluxos de trabalho de conhecimento representam uma abordagem especializada para gerenciar atividades intelectuais e informacionais em contextos nos quais o conhecimento é a moeda mais valiosa.

2.3. Abordagens para gerenciamento

A gestão eficaz de fluxos de trabalho requer a aplicação de metodologias e abordagens específicas para garantir que as atividades sejam planejadas, executadas e controladas de forma eficiente. Três abordagens amplamente reconhecidas para gerenciar fluxos de trabalho são Scrum, Kanban e Método Cascata.

2.3.1. Scrum

O Scrum é uma metodologia ágil que se destaca por sua capacidade de promover a flexibilidade, colaboração e entrega de valor incremental. O Scrum é amplamente utilizado em diversas áreas, desde o desenvolvimento de software até a gestão de projetos de pesquisa (STATE OF AGILE REPORT, 2022).

O Scrum possui três pilares: transparência, inspeção e adaptação (SCRUM GUIDE, 2020). A transparência defende que todos os aspectos do processo devem ser visíveis e compreensíveis. A inspeção enfatiza que a equipe Scrum deve inspecionar frequentemente o progresso do trabalho para identificar problemas e desvios e a adaptação argumenta que, com base na inspeção, a equipe deve adaptar seu trabalho para melhorar continuamente o produto e o processo. Ainda, possui cinco valores: coragem, foco, abertura, respeito e compromisso. A Figura 2 mostra, visualmente, como são essas bases.

Esse método contém dois componentes denominados de artefatos e eventos. Os artefatos são compostos por backlog do produto, da sprint e incremento:

- **Backlog do Produto:** Uma lista priorizada de itens que descrevem as funcionalidades, requisitos e melhorias desejadas para o produto.
- **Backlog do Sprint:** Durante o planejamento do sprint, a equipe seleciona um conjunto de itens do backlog do produto para trabalhar durante o sprint atual.

- Incremento: O resultado do trabalho realizado durante um sprint. Deve ser potencialmente entregável e representar um incremento de valor no produto.

Figura 2 - Pilares e valores do Scrum



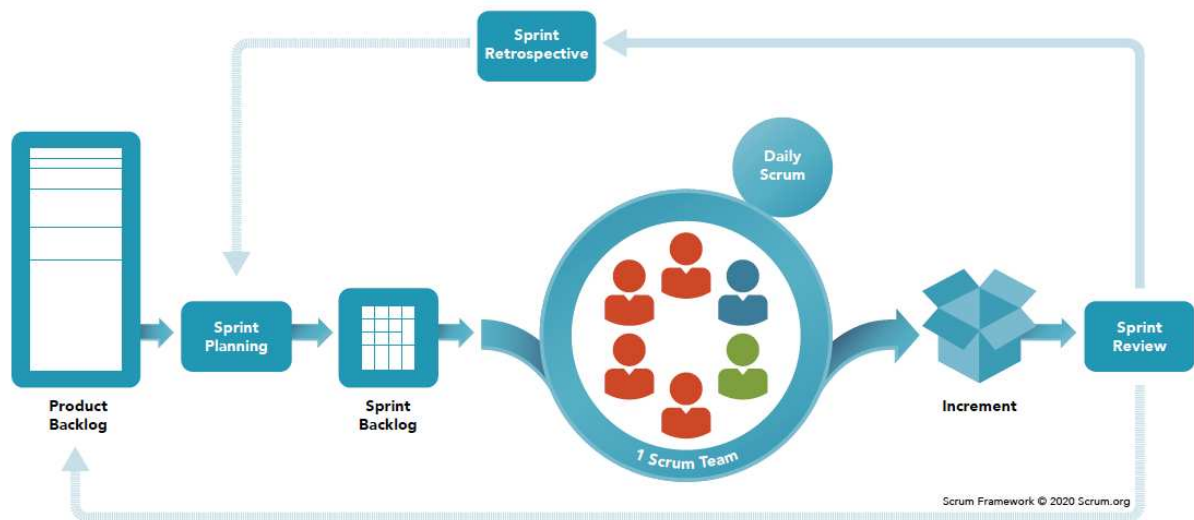
Fonte: SCRUM ORG

Já os eventos são momentos que garantem o bom funcionamento do Scrum:

- **Sprint**: Um ciclo de trabalho com duração fixa, geralmente de duas a quatro semanas, durante o qual a equipe trabalha no backlog do sprint.
- **Reunião de Planejamento do Sprint**: No início do sprint, a equipe se reúne para selecionar os itens do backlog do produto que serão incluídos no sprint e definir como eles serão implementados.
- **Daily Scrum**: Uma reunião diária de curta duração na qual a equipe compartilha o progresso e discute os planos para o dia.
- **Revisão do Sprint**: Ao final do sprint, a equipe demonstra o incremento concluído e recebe feedback dos stakeholders.
- **Retrospectiva do Sprint**: Uma reflexão sobre o sprint recente, focada em melhorias no processo.

A Figura 3 detalha como os eventos e artefatos se comunicam.

Figura 3 - Eventos e artefatos do Scrum



Fonte: SCRUM ORG

2.3.2. Kanban

O Kanban é uma abordagem de gestão visual de fluxos de trabalho que se originou na indústria automobilística japonesa e foi posteriormente adaptada para diversas áreas, incluindo desenvolvimento de software, manufatura, gerenciamento de projetos e muito mais. O Kanban se destaca pela simplicidade e foco na otimização do fluxo de trabalho. É frequentemente representado visualmente em um quadro Kanban, que consiste em colunas que representam diferentes estágios do processo de trabalho.

Esse método é guiado 6 princípios que podem ser divididos em dois grupos: grupo da gestão de mudanças e grupo da entrega de serviços (THE OFFICIAL KANBAN GUIDE, 2022).

1. Princípios da Gestão de Mudanças

- Comece pelo que você já faz agora
- Concordar em prosseguir a melhoria através da mudança evolutiva
- Incentivar atos de liderança a todos os níveis

2. Princípios da Entrega de Serviços

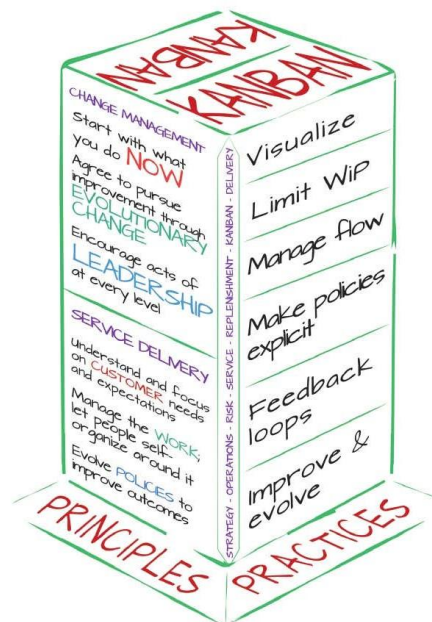
- Compreender e focar nas necessidades e expectativas dos seus clientes
- Autogerência do trabalho
- Políticas para melhorar os resultados

Juntamente com esses 6 princípios, há, também, 6 práticas gerais que o Kanban defende:

1. Visualizar
2. Limite do trabalho em progresso
3. Gerenciar o fluxo
4. Tornar as políticas explícitas
5. Implantar ciclos de feedback
6. Melhorar colaborativamente, evoluir experimentalmente

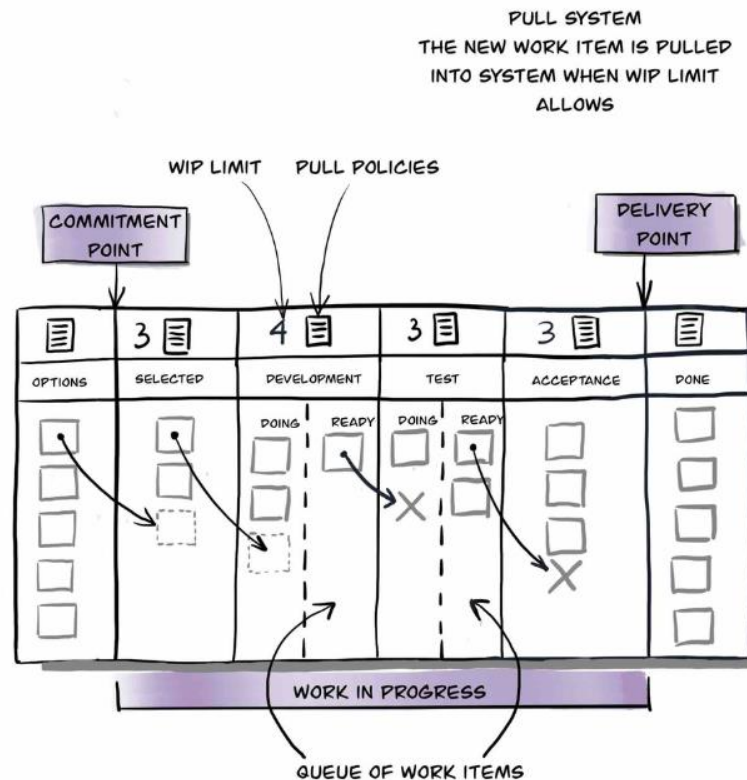
As práticas e princípios combinados formam o sistema Kanban como mostrado na Figura 4. Já as tarefas ou itens a serem concluídos são representados por cartões ou *post-its* que são movidos de uma coluna para outra à medida que progridem no processo. Um sistema Kanban clássico pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 4 - Princípios e práticas do Kanban



Fonte: (ANDERSON, 2016)

Figura 5 - Sistema clássica do Kanban



Fonte: ANDERSON (2016)

Por fim, é possível, ainda, encontrar diversas adaptações do Kanban. Uma usualmente utilizada é o Scrumban, um método que uni os princípios do Scrum e do Kanban de forma a promover a integração dos dois métodos.

2.3.3. Método cascata

O Método Cascata, também conhecido como Modelo Cascata ou Modelo em Cascata, é uma abordagem de gerenciamento de projetos que se baseia em uma sequência linear e hierárquica de fases, nas quais cada fase deve ser concluída antes que a próxima comece (ROYCE, 1987). Essa abordagem é frequentemente aplicada em projetos nos quais os requisitos são bem definidos e estáveis desde o início.

O Método Cascata é composto por uma série de fases que são executadas em sequência, sem sobreposição. As fases típicas incluem:

- Requisitos: Nesta fase, os requisitos do projeto são coletados, documentados e aprovados.

- Design: A fase de design envolve a criação de uma especificação detalhada do sistema ou produto a ser desenvolvido.
- Implementação: Durante esta fase, o sistema ou produto é construído de acordo com as especificações de design.
- Teste: Os testes são realizados para verificar se o sistema atende aos requisitos e funciona corretamente.
- Implantação: O sistema é implantado para uso ou distribuição.
- Manutenção: Após a implantação, a manutenção contínua e as atualizações podem ser necessárias.

Uma das principais características do Método Cascata é a dificuldade de acomodar mudanças nos requisitos após o início do projeto. Como as fases são executadas de forma sequencial e dependente, qualquer alteração nos requisitos pode exigir a revisão de fases anteriores, o que pode ser caro e demorado. O Método Cascata é uma abordagem tradicional de gerenciamento de projetos que se destaca pela estruturação rigorosa e pelo controle, mas é mais adequado para projetos com requisitos estáveis e bem definidos. Projetos com requisitos em constante evolução podem se beneficiar mais de abordagens ágeis, como o Scrum ou o Kanban, que permitem adaptação contínua e respostas ágeis às mudanças.

2.3.4. Métodos lineares e iterativos

Os três métodos explanados podem ser categorizados em dois blocos de métodos: lineares e iterativos. Os métodos lineares seguem uma abordagem sequencial e previsível. Eles são caracterizados por etapas bem definidas que são executadas em uma ordem linear, sem a necessidade de revisitar as etapas anteriores. O exemplo desse lineares inclui o Método Cascata. Os métodos iterativos adotam uma abordagem mais flexível e adaptativa. Eles permitem a repetição de ciclos de trabalho ou iterações, nos quais as atividades são revisadas e ajustadas com base no feedback e nas mudanças nos requisitos.

Cada um desses métodos possui suas vantagens e desvantagens:

1. Métodos Lineares

a. Vantagens:

- i. Previsibilidade: As etapas são executadas em uma ordem predeterminada, o que proporciona muita previsibilidade em relação ao cronograma e aos resultados.

- ii. Adequação a Requisitos Estáveis: São adequados para projetos com requisitos bem definidos e estáveis desde o início.
 - iii. Documentação Extensa: Os métodos lineares geralmente requerem documentação detalhada em cada fase do projeto.
 - b. Desvantagens:
 - i. Flexibilidade Limitada: Dificuldade em acomodar mudanças nos requisitos após o início do projeto.
 - ii. Risco de Entrega de Valor Tardia: O cliente pode não ver resultados tangíveis até que todas as fases sejam concluídas.
2. Métodos Iterativos:
- a. Vantagens
 - i. Adaptação Contínua: Permitem ajustes e adaptações à medida que o projeto avança, acomodando mudanças nos requisitos.
 - ii. Entrega Incremental: Proporcionam a entrega de valor em incrementos, permitindo que partes do projeto sejam concluídas mais cedo.
 - b. Desvantagens
 - i. Complexidade de Gerenciamento: Requerem um gerenciamento mais ativo e um acompanhamento constante do progresso.
 - ii. Menos Previsibilidade Inicial: A previsibilidade pode ser menor no início do projeto devido à natureza adaptativa.

Devido as vantagens e desvantagens de cada método a escolha entre métodos lineares e iterativos depende das características do projeto, dos requisitos do cliente e da natureza do trabalho. Projetos com requisitos bem definidos e estáveis podem se beneficiar de métodos lineares, enquanto projetos sujeitos a mudanças e incertezas podem se beneficiar de métodos iterativos. Além disso, é importante notar que muitas organizações adotam abordagens híbridas, combinando elementos de métodos lineares e iterativos para atender às necessidades específicas de cada projeto.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho se concentra no desenvolvimento do método iterativo para gerenciamento de fluxos de trabalho. Esta abordagem é fundamentada nos princípios da Engenharia Química, que fornecem uma estrutura conceitual robusta para a gestão eficaz de fluxos de trabalho em uma variedade de contextos, com ênfase particular em trabalhos de conhecimento.

A aplicação fidedigna de todos os conceitos da Engenharia Química é complexa a ponto de se tornar inviável sua aplicação prática. Dessa forma, a metodologia desenvolvida pretende adaptar dos conceitos e bases que fundamentam esses conceitos de forma a tornar o método aplicável para as mais diversas áreas. Essas adaptações, algumas vezes, não serão partindo da definição dos conceitos físicos e matemáticos, contudo, tentam representar sua ideia para o gerenciamento de fluxo de trabalho. Já outros utilização a definição matemática de fato.

A primeira etapa da metodologia envolve uma adaptação para o contexto da gestão de fluxos de trabalho. Isso requer a definição do pacote de trabalho e como os conceitos de massa, energia, temperatura, pressão e outros se traduzem em elementos essenciais dos fluxos de trabalho (atividades, processos e tarefas). Essa adaptação é essencial para estabelecer uma ponte sólida entre os princípios da Engenharia Química e a gestão eficaz de fluxos de trabalho.

Em seguida, a aplicação dos conceitos iniciais permitirá expandir e aplicar conceito da Engenharia Química, tais como de balanço de massa e de energia.

A fase final da metodologia concentra-se no desenvolvimento do método iterativo para gerenciamento de fluxos de trabalho. Este método levará em consideração a adaptação dos conceitos da Engenharia Química, bem como abordagens iterativas para a gestão de fluxos de trabalho. Ele será projetado para ser flexível, adaptável e adequado a uma variedade de contextos organizacionais e projetos de conhecimento.

3.1. Matéria prima

Os processos da engenharia química atuam a partir de matérias primas. Para o método, a adaptação é direta. Ou seja, o método atuará sobre matérias primas.

A matéria prima será um pacote de trabalho que representará uma unidade de trabalho a ser processada. Deverá ter um, e somente um, responsável. A definição de como será esse pacote de trabalho dependerá de cada time. Essa definição pode determinar os comportamentos das subatividades, tempo mínimo e máximo de execução etc. Ainda, as matérias primas podem ser subdivididas em duas categorias: elemento químico e compósitos.

É relativamente comum existirem atividades padrões, que sempre se repetem ou que possuem comportamentos bem conhecidos. Esse tipo de atividade será definido como elemento químico devido ao fato de possuir características, propriedades e comportamentos bem determinados e conhecidos.

Os elementos químicos desempenham um papel essencial pois, utilizando-se deles, é possível determinar os comportamentos das atividades mediante fatores internos e externos. Além disso, é possível, também, criar estruturas mais complexas, denominadas de compósitos.

Os compósitos são materiais formados pela união de outros materiais com o objetivo de se obter um produto de maior qualidade. Assim, serão atividades compostas de elementos químicos. A utilização de elementos químicos para a criação de compósitos permite prever determinados comportamentos para atividades diversas, que nunca sequer foram realizadas pelo time.

3.2. Conceitos básicos do método

A aplicação de princípios da Engenharia Química pressupõe, em sua maioria, a utilização de terminologia mais basilares, tais como massa, temperatura, pressão entre outros. Dessa forma, essa seção tem como foco definir os principais conceitos que serão utilizados futuramente para a criação do método.

Toda atividade terá uma massa associada a ela e terá um valor unitário para cada tarefa (ou subtarefa) pertencente a atividade. Esse conceito trará uma ordem do quão “pesado” determinada ação é. Cabe ressaltar que a noção de peso para o método não implica a aplicação de uma força gravitacional.

A temperatura geralmente traz uma ideia de agitação das moléculas. Essa agitação, contudo, é difícil de traduzir para o gerenciamento de fluxos de trabalho. Entretanto, a temperatura também é associada comumente a noção de quente ou frio. O quente ou frio para as atividades pode ser entendido como o quão perto determinada atividade (ou matéria prima) está do seu prazo de entrega. Dessa forma, a temperatura será uma grandeza da matéria prima em função do tempo estabelecido para o processamento dessas atividades. Para a sua

formulação, foi pensado num comportamento exponencial. A ideia desse comportamento é representar que, quanto mais perto a matéria prima está do prazo final, maior sua temperatura e a diferença de um dia representará um aumento significativo pois será necessário um esforço cada vez maior para “compensar” os atrasos. A equação (3.1) mostra a formulação para a temperatura. Para a criação dessa equação, ajustes logarítmicos foram realizados a fim de evitar um aumento desproporcional da temperatura. A partir de simulações, foi possível obter parâmetros que melhor se ajustaram a valores previamente selecionados para a temperatura. Esse ajuste é mais perceptível para atividades que prazos longos (acima de 150 dias).

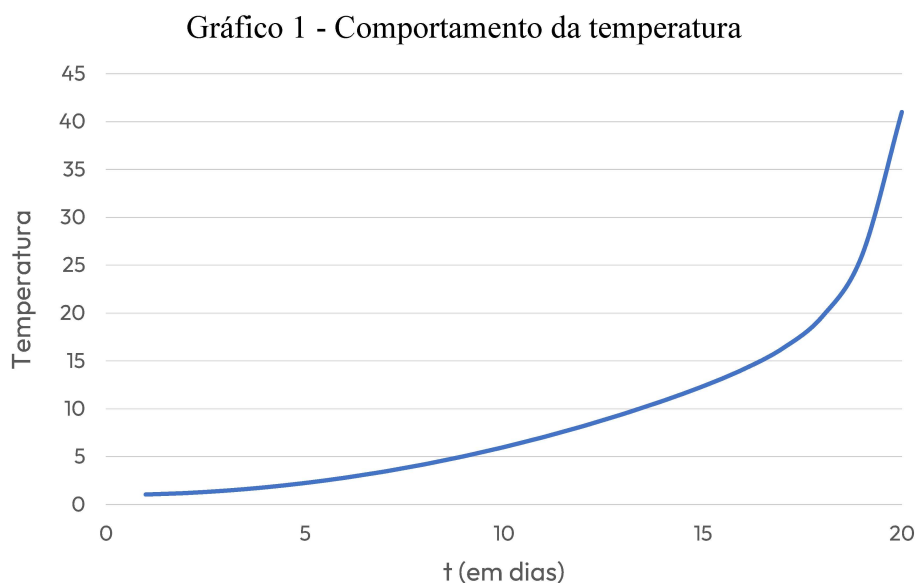
$$T = 1 + \frac{t}{e^{t_2-t}} + \frac{t^2}{t_2(-0.086 \ln(t_2) + 1.2095)} \quad (3.1)$$

Onde:

- T representa a temperatura da matéria-prima em um dado momento t .
- t_2 é o tempo total, em dias, estabelecido para processar a matéria prima.
- t é a diferença, em dias, entre a data atual e o prazo final estabelecido para a atividade.

Duas observações valem ser ressaltadas. Quando há alguma atividade que não há um prazo definido, pode-se assumir que $t_2 = \infty$. Dessa forma, a temperatura terá o valor mínimo. A temperatura mínima para qualquer matéria prima do método é 1 (um).

A equação (3.1) implica, ainda, que a temperatura terá o seu comportamento exponencial. Um exemplo para uma atividade com $t_2 = 20$ pode ser visto no Gráfico 1.



Fonte: Autor

Uma adaptação útil a ser considerada é a temperatura percentual mostrada na equação (3.2).

$$T_{percentual} = \frac{T}{T_{max}} \quad (3.2)$$

Onde:

- T representa a temperatura da matéria-prima em um dado momento t .
- T_{max} é a temperatura quando $t = t_2$

Essa equação fornece uma abordagem quando for necessário comparar atividades com diferentes temperaturas. A comparação entre temperaturas não será correta se os prazos para as matérias primas foram divergentes. Dessa forma, a utilização da temperatura percentual poderá ser utilizada nesses casos.

Com a definição da temperatura, pode-se pensar nos estados físicos das matérias primas. As atividades do método poderão ter três estados básicos: sólido, líquido e gasoso. Cada estado é encontrado a partir dos pontos de fusão e ebulição das atividades, sendo esses pontos encontrados a partir da temperatura da atividade. Encontrar o ponto de fusão e ebulição significa encontrar o tempo em que a atividade deixa de ser sólida e passa a ser líquida e o momento em que a atividade deixa de ser líquida e passa a ser gasosa respectivamente. Para isso, é possível utilizar as equações (3.3) e (3.4) para determinar esses tempos.

$$t_{fusão} = T > 1 + \frac{t}{k} \quad (3.3)$$

$$t_{ebulição} = T > t; T > 1 + \frac{t}{k} \quad (3.4)$$

Onde k é uma constante de planejamento.

Os estados podem ser entendidos como blocos bem delimitados para planejamento, execução e validação (ou priorização). Pode-se estimar esses tempos para uma atividade com $t_2 = 10$ e $k = 4$ como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Simulação da temperatura de uma atividade

$1 + t/k$	t	T
1,0	0	1,0
1,5	1	1,1
2,0	2	1,4

2,5	3	2,0
3,0	4	2,8
3,5	5	3,9
4,0	6	5,3
4,5	7	7,4
5,0	8	11,1
5,5	9	19,0

Fonte: Autor

Em $t = 2$, $T > 1 + \frac{t}{k}$ mas $T < t$. Dessa forma, o ponto de fusão é $t = 2$. Em $t = 7$, $T > 1 + \frac{t}{k}$ e $T > t$. Assim, o ponto de ebulição é $t = 7$. É possível, então separar essa atividade nesses três momentos:

- $t < 2$: estado sólido; planejamento
- $2 \leq t < 7$: estado líquido; execução
- $t \geq 7$: estado gasoso; validação ou priorização

A pressão, intuitivamente, representa uma força exercida sobre algo. Dessa forma, para os fluxos de trabalho, pode ser entendido como uma propriedade que se relaciona com as dependências das atividades. É expressa a partir da equação (3.5). Quanto maior as dependências entre as atividades, maior será a pressão exercida na atividade específica.

$$P = \text{quantidade de dependências} + 1 \quad (3.5)$$

Para exemplificação, um modelo de atividades e suas dependências podem ser vistas na Figura 6. É possível encontrar as pressões para cada atividade dado o cenário exposto:

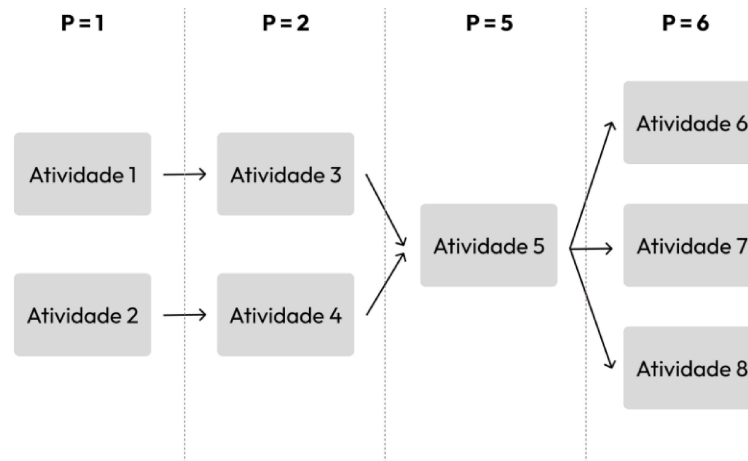
- $P = 1$: atividade 1 e 2
- $P = 2$: atividade 3 e 4
- $P = 5$: atividade 5
- $P = 6$: atividade 6, 7 e 8

Além disso, é possível também encontrar a pressão total somando todas as pressões como mostrado na equação (3.6).

$$P_{total} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (3.6)$$

Onde n é a quantidade total de atividades e P_i é a pressão da atividade i . No caso da Figura 6, tem-se que a $P_{total} = 1 + 1 + 2 + 2 + 5 + 6 + 6 + 6 = 29$.

Figura 6 - Simulação da pressão para um processo



Fonte: Autor

Outra métrica útil é o volume, expressa a partir da equação (3.7). Devido a aplicação rotineira desse termo para representar o montante de atividades a serem realizados, optou-se por adaptar esse conceito, sendo assim a soma de todas as massas. Essa métrica ajudará a simplificar os balanços de massa e permitir comparações mais rápidas entre as iterações do método.

$$V = \sum_{i=1}^n m_i \quad (3.7)$$

No método, existirá também a força, que será uma representação da força de trabalho. Representará explicitamente a quantidade de pessoas que estão executando determinada atividade ou um conjunto de atividades. Assim, se uma pessoa estiver executando uma atividade a força será igual a um.

A área segue uma formulação simples, com base na força e na pressão total. A equação (3.8) representa sua formulação.

$$A = \frac{F}{P_{total}} \quad (3.8)$$

A densidade será utilizada como propriedade para mensurar a densidade de trabalho, isto é, quanto mais próximo de 1 for a densidade, maior será a concentração de atividades em andamento, refletindo uma alta densidade de trabalho. A equação (3.9) mostra seu cálculo.

$$d = \frac{\text{quantidade de atividades sendo realizadas}}{\text{quantidade de atividades com } P = 1} \quad (3.9)$$

Métricas mais relacionadas a atrasos ou adiantamentos também estarão presentes no método. Para isso, se utiliza dos conceitos de trabalho e calor. O trabalho será uma representação de quanta força é aplicado por um deslocamento. O deslocamento para o método será o tempo. O trabalho útil será o trabalho realizado considerando o tempo útil. O tempo útil é o tempo ganho com base na estimativa de entrega da atividade. Por exemplo, uma atividade com prazo de conclusão de 10 dias sendo finalizada com 9 dias por 1 pessoa gera trabalho útil de 1 (um). As equações (3.10) e (3.11) representam, respectivamente, o trabalho e o trabalho útil.

$$W = Fd = Ft \quad (3.10)$$

$$W_{\text{útil}} = Ft_{\text{útil}} \quad (3.11)$$

Ao contrário do trabalho, o calor é uma propriedade gerada a partir de um atraso. No mesmo exemplo do trabalho, caso a atividade tivesse sido finalizada com 11 dias, teria gerado um calor de 1 (um). Segue a formulação apresentada na equação (3.12).

$$Q = t_{\text{atraso}} \quad (3.12)$$

Onde:

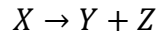
$$\begin{cases} t_{\text{atraso}} = 0, & t \leq t_2 \\ t_{\text{atraso}} = t_2 - t, & t > t_2 \end{cases}$$

Por fim, a difusão é uma propriedade dentro do método relacionada a perda de informação. Ao longo do tempo, as atividades perdem detalhes necessários para sua execução. É uma propriedade lógica, isto é, somente representa se há ou não a difusão.

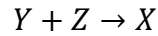
3.3. Reação química

Além dos conceitos básicos, é necessário destacar o que seria uma reação química. Sucintamente, uma reação química será o processo de transformar uma atividade, separando-a ou agregando-a. Por exemplo, suponha uma atividade X. Em dado momento, percebe-se que essa atividade seria mais bem gerenciada, controlada e executada dividindo-a em duas. Agora, a atividade X se transformou nas atividades Y e Z. Pode-se dizer, nesse ponto, que a atividade X sofreu uma reação química. O inverso também representa uma reação. Caso as atividades Y e Z fossem transformadas na atividade X, poderia se dizer que as atividades Y e Z sofreram uma reação química.

A representação desses processos é idêntica a representação clássica das reações químicas. Para a primeira situação:



Já para a segunda:



3.4. A abordagem iterativa

Como definido anteriormente, o método será iterativo. Assim, é necessário definir o que seria o iterativo, sendo associações com a Engenharia Química nesse caso extremamente benéficas. De maneira geral, existem dois tipos de processos: batelada ou contínuo. Processos contínuos são processos que não sofrem interrupção, e quando sofrem possuem mecanismos que garantam a continuidade do processo. Já processos em bateladas são processos que ocorrem de maneira discreta, por bateladas.

Uma implementação em batelada significa a implementação de ciclos discretos de planejamento. Assim, para essa abordagem, é necessário estabelecer prazos de quando essas bateladas devem ser processadas. Já a implementação contínua assume que esses ciclos de planejamento acontecem continuamente. Na prática, a estrutura em batelada se assemelha a estrutura de *sprints* do *Scrum* e a estrutura contínua se assemelha ao sistema de puxar do Kanban.

3.5. Balanço de massa

Assim como para a Engenharia Química a base são os balanços de massa e de energia, a base para o método também serão esses balanços. Cada um desses balanços será realizado para cada período determinado pelo time. Supondo que uma batelada foi definida com um ciclo de 15 dias, pode-se tanto aplicar o balanço dia a dia ou somente no final desse período.

Para ser possível realizar esses balanços, serão utilizados os conceitos introduzidos na seção anterior. O balanço de massa nada mais será que um balanço das massas das atividades. Adaptando a equação (2.1), obtêm-se a equação (3.13).

$$acúmulo\ atividades = \sum m_{entra} - \sum m_{sai} + \sum m_{gerado} - \sum m_{consumido} \quad (3.13)$$

Cada termo do balanço pode ser entendido da seguinte forma:

- m_{entra} : massa das atividades que foram definidas para serem processadas na batelada

- m_{sai} : massa das atividades finalizadas que foram definidas para serem processadas na batelada
- m_{gerado} : massa das atividades que surgiram durante a batelada
- $m_{consumido}$: massa das atividades finalizadas que surgiram durante a batelada

Utilizando-se da equação (3.7), é possível adaptar a equação (3.13) para utilizar o volume, como mostrado na equação (3.14).

$$acúmulo\ atividades = V_{entra} - V_{sai} + V_{gerado} - V_{consumido} \quad (3.14)$$

3.6. Balanço de energia

A mesma abordagem utilizada para o balanço de massa será utilizada para o balanço de energia. Contudo, para esse processo, será utilizado a equação (2.2), zerando o termo de energia convectiva e aplicando os conceitos de calor e trabalho útil do método. A equação (3.15) expressa o balanço de energia para o método.

$$\Delta U = Q - W_{útil} \quad (3.15)$$

3.7. Blocos conceituais

Além de todos os conceitos básicos, terminologias e formulações detalhadas até então, o método consta com blocos que representam a aplicação dos princípios da Engenharia Química. Esses blocos são conceituais, isto é, não são aplicações práticas. Contudo, eles fornecem uma base que permite fácil adaptação e aplicação para os mais diversos cenários.

Os blocos vão implementar como comumente é aplicado na Engenharia Química algum dos seus princípios. Por exemplo, um engenheiro químico irá se utilizar dos conhecimentos de transferência de calor para projetar trocadores de calor, ou se utilizará da transferência de massa para projetar torres de destilação. Os blocos representarão, conceitualmente, essas aplicações finais da Engenharia Química.

Essas estruturas podem ser entendidas como blocos que podem ser utilizados para direcionar, padronizar ou facilitar alguma situação problema comumente enfrentada no âmbito do gerenciamento de fluxos de trabalhos.

Os primeiros blocos são referentes a mecânica dos fluidos. O método utiliza-se desse princípio e suas aplicações com bombas, filtradores e agitadores para criar esses blocos. As bombas representam o deslocamento das atividades dentro do fluxo de trabalho. Isto é,

deslocam as atividades de um estágio para outro dentro do contexto do processo. O principal objetivo do bloco conceitual é garantir que as atividades sejam movidas de forma automatizada, contínua e eficaz ao longo do fluxo de trabalho, evitando atrasos e gargalos.

Já os filtradores são blocos que representam a seleção e priorização das atividades antes, durante ou após o processo. Refere-se, então, à separação de atividades com bases em critérios de relevância, prioridades ou pontos específicos do processo. O principal objetivo é garantir que apenas as atividades mais relevantes e prioritárias avancem no fluxo de trabalho. Isso ajuda a otimizar o uso de recursos e a focar os esforços nas tarefas que contribuem de forma significativa para os objetivos das atividades.

Por fim, para a mecânica dos fluidos, tem-se os agitadores. Representam a introdução de dinamismo e coordenação de atividades dentro do fluxo. O principal objetivo é criar mecanismos que promovam a coordenação e a colaboração entre as atividades.

Entrando no princípio da transferência de calor, tem-se os trocadores de calor. Esse bloco representa o gerenciamento de prazos e o controle de temperatura das atividades dentro de um fluxo de trabalho. Refere-se à introdução de mecanismos que permitem ajustar e controlar os prazos das atividades para evitar atrasos ou superaquecimento do fluxo de trabalho. O principal objetivo é garantir que as atividades sejam concluídas dentro dos prazos estabelecidos, evitando atrasos significativos que possam prejudicar o progresso do projeto.

As torres de destilação representam o princípio da transferência de massa. Esse bloco representa o controle da difusão de informações das atividades dentro de um fluxo de trabalho. Esse bloco introduz mecanismos que permitem controlar a perda de informações críticas durante a execução das atividades e, conseqüentemente, mitigar a difusão.

Os reatores químicos são os representantes do princípio da cinética de reatores. Serão blocos que realizarão uma reação química. Poderão existir diversos fatores que influenciam as reações, bem como mecanismos que permitam a realização da reação. Cabe ao time desenvolver seus próprios reatores.

Os dois últimos princípios (design de processo e controle de processo) são representados a partir de estruturas mais robustas. O bloco de design de processo pode representar diversos cenários para a Fábrica. Os mais comuns são:

- Design de ambiente: situação em que uma estrutura esteja sendo desenvolvida para a implementação da Fábrica
- Design de execução: situação em que se está pensando em como os componentes da Fábrica se interconectam.

O design do ambiente é mais comum em situações em que se está, por exemplo, desenvolvendo um *software* para implementar o método. Esse tópico não será debatido no presente trabalho. Já, contudo, o design da execução é facilmente aplicável para os propósitos deste trabalho. É a utilização de alguma ferramenta para a aplicação do método. Em muitas situações, não será possível implementar as estruturas e componentes em alguma ferramenta. Não haverá, de certa forma, uma perda já que os componentes podem ser trabalhos isolados.

Por fim, o controle para terá 4 componentes, sendo eles:

1. Sensores: quem coleta as informações sobre as variáveis do processo
2. Sistema de controle: local onde as informações dos sensores serão analisadas
3. Lógica de controle: envolve a criação de algoritmos que determinam como o processo deve ser operado com base nos dados do sensor
4. Atuadores: dispositivos que executam as respostas da lógica de controle
5. Monitorador: interface gráfica que permita acompanhar todos os controles do processo

Essas duas estruturas representam a base para a construção e monitoramento do método respectivamente.

3.8. Implementação

A implementação do método segue um padrão relativamente simples:

1. **Design do processo:** a primeira etapa deverá ser o design do processo. Isso incluirá a determinação se deverá ser feito o design do ambiente ou somente o design de execução. Na maioria das situações, somente o design de execução será realizado. Assim, deverá ser visto quais funcionalidades a ferramenta escolhida conseguirá implementar do método além de avaliar o suporte para futuras modificações a serem realizadas pelo próprio time.
2. **Definição da iteração:** um ponto crucial para o funcionamento do método é estabelecer a iteração que será implementada. Para processos em batelada geralmente são adotados períodos de uma ou duas semanas.
3. **Definição dos elementos químicos e compósitos:** todo time, processo ou projeto geralmente possui atividades padrões, que sempre serão executadas para a construção de soluções mais complexas. O principal objetivo nessa etapa é delimitar inicialmente essas atividades.

4. **Criação dos blocos conceituais:** após os elementos químicos e compósitos serem definidos, é a vez de determinar os blocos conceituais. Uma abordagem genérica é detalhada a seguir.
- a. **Filtradores:** os filtradores, geralmente, serão utilizados para gerir as demandas que entram no processo. A depender a forma de implementação do método (batelada ou contínuo) o filtro deverá ser ajustado. Para um processo em batelada, a cada fim de batelada poderá ser aplicado os filtros necessários para definir o que deverá entrar na próxima batelada. Contudo, para processos contínuos, a atuação dos filtradores deverá ser contínua, de forma que todas as atividades que entrem no processo já tenham sido devidamente filtradas. O filtro para processos contínuos pode, ainda, se utilizar de uma bomba para deslocar as atividades com base no resultado do filtro.
 - b. **Bombas:** geralmente serão blocos de automatizações. Por exemplo, dado um compósito que envolva algum processo de validação, poderia ser criada uma bomba de validação com o propósito de mover essa atividade para determinados pontos do processo a fim de promover essa validação. Elas também poderão ser facilmente acopladas a outros blocos, permitindo criar cenários mais complexos e automatizados.
 - c. **Agitadores:** blocos que são úteis para atividades que precisam de alguma interação dos membros do time. Etapas como *code review* no desenvolvimento de software costumam envolver alguma interação. Para esse caso, poderia ser criado um agitador de *code review* que determine aspectos que devem ser vistos nesse processo. Cada um desses agitadores terá suas particularidades e deverão ser definidos específicos para cada situação. Quanto mais detalhado maiores serão os benefícios.
 - d. **Trocadores de calor:** atuam como componentes que descrevem ações a serem realizadas para situações de aumento da temperatura ou em mudanças de estados da matéria prima. Podem descrever abordagens para quando a temperatura atingir determinado valor para elementos químicos ou compósitos específicos ou, em situações mais simples, descrever padrões a serem seguidos quando a matéria mudar de sólido para líquido por exemplo.
 - e. **Torres de destilação:** na prática, as torres de destilação serão estruturas de documentação, onde toda a informação necessária para o time já foi destilada. Por exemplo, uma atividade que necessita realizar algum batimento teria

vinculada a ela todo o memorial de cálculo, etapas que devem ser seguidas etc. As torres terão um papel essencial para o bom desempenho do método já que representam todo o conhecimento que o time adquiriu ao longo do tempo. Quanto mais específica e detalhada a documentação maiores serão os benefícios. Ainda, deve ser sempre possível vincular mais de uma torre de destilação para as atividades. Pode-se, ainda, pensar na criação de matérias primas com torres de destilação já vinculadas, garantindo um vínculo obrigatório entre esses componentes. Além disso, deverá ser sempre possível vincular torres de destilação a outros blocos conceituais.

- f. Reatores: blocos que permitirão estabelecer as abordagens necessárias para dividir ou agregar atividades. Um exemplo de um reator é o reator X-10X. Esse reator define que as reações devem ser realizadas a fim de garantir que determinada propriedade das atividades estão em um intervalo de X a 10X, sendo esse X determinado pelo time. Por exemplo, caso seja definido um reator X-10X para tempo, poderia definir X como 2 horas. Assim, atividades só poderiam existir caso sejam previstas para serem executadas em, no mínimo, 2 horas e, no máximo, 20 horas. Para esse caso, então, atividades muito curtas, com pouco tempo de execução, sofreriam uma reação de agregação e atividades muito longas sofreriam uma reação de segregação. Logicamente, é possível criar variações do X-10X (X-2X, X-3X, ...).

- 5. **Controle de processo:** momento em que se determina como será o controle do processo, ou seja, como os sensores de comportamento, qual a frequência que os sensores obterão as informações, como será o sistema de controle, quais lógicas serão aplicadas e como os atuadores realizarão essas lógicas e, por fim, como será o monitoramento. Deve-se pensar também como efetivamente serão obtidas as informações. Costuma-se nesse bloco implementar vários processos a fim de automatizar todo o controle. Por exemplo, a utilização de API para extração dos dados, utilização de alguma plataforma para a análise dos resultados etc. A automatização desse bloco não é obrigatória, contudo é extremamente recomendada.

Um ponto importante a se ressaltar é que todos as etapas comentadas anteriormente podem (e devem) ser continuamente aperfeiçoadas. O caráter iterativo do método permite que essas adaptações sejam relativamente simples de serem implementadas.

3.9. Vantagens e desvantagens

A forma como o método foi estruturado permite, naturalmente, vantagens e desvantagens. As principais vantagens do método incluem:

1. **Padronização da execução:** a utilização das matérias primas permite uma padronização na execução. Em situações específicas, a utilização dos compósitos permite modelar um novo cenário a partir de cenário já existentes;
2. **Priorização das atividades:** a utilização da temperatura permite uma automatização da priorização. Isso se torna mais perceptível na implementação do método de maneira contínua, possibilitando o time processar primeiro as matérias primas com maior temperatura. Caso a métrica de temperatura não seja válida para a priorização do time (por exemplo há uma priorização manual por parte do coordenador) é fácil adaptar esse comportamento devido a flexibilidade do método;
3. **Criação de blocos para planejamento, execução e validação:** a partir da temperatura, é possível delimitar os estados da matéria. Essa estrutura permite o time a criar um processo automaticamente delimitado, orientando o planejamento, execução e validação. A utilização da constante de planejamento k permite, ainda, ajustar para diversas situações se é mais apropriado maior tempo para planejamento, execução ou validação;
4. **Métricas quantitativas:** o método introduz diversas métricas quantitativas que eliminam o caráter subjetivo das análises e garantem um acompanhamento assertivo do fluxo;
5. **Método iterativo:** um método iterativo permite adaptações rápidas, garantindo maior flexibilidade para o time;
6. **Estruturas para gerenciamento do fluxo:** os blocos conceituais criam estruturas que resolvem problemas comuns no gerenciamento dos fluxos de trabalho;
7. **Redução de riscos:** uma vantagem oriunda das anteriores se traduz na redução dos riscos. A implementação desse conjunto de conceitos, regras e estruturas possibilita a redução de riscos na execução dos fluxos;
8. **Adaptabilidade:** o método é extremamente flexível, permitindo a criação de novos conceitos, blocos conceituais, métricas etc. Isso possibilita a adaptação do método para situações específicas que os times enfrentam;
9. **Integração com outros métodos:** é possível inserir o método desenvolvido em métodos já existentes. Isso ajuda a inserção gradual do método e, ainda, garante que times que já

se utilizam de algum método possam tirar vantagens parciais ou completa na utilização do novo método.

Contudo, é notório algumas desvantagens na sua aplicação:

1. **Complexidade inicial:** a implementação pode exigir uma curva de aprendizado significativa para a equipe. Esse problema pode ser solucionado implementando aos poucos o método, introduzindo um pequeno grupo de conceitos, métricas ou estruturas. A integração com um método já utilizado pelo time ajuda também na absorção paulatina do método;
2. **Customização necessária:** devido a sua adaptabilidade, personalizações complexas podem ser necessárias para se adequar a cenários específicos, o que pode aumentar a complexidade. Uma abordagem semelhante ao primeiro ponto traria vantagens para esse ponto. Ao introduzir poucas customizações, é possível que a adaptação do método seja mais fácil;
3. **Requisitos de software:** para a implementação do método pode ser necessário desenvolver ou adquirir software personalizado, o que implica custos adicionais ou mesmo adaptações ao novo software, além da adaptação com o próprio método. Contudo, muitos softwares existentes no mercado já permitem muita customização. A melhor abordagem é limitar a implementação, introduzindo somente os conceitos que o software já utilizado permite. Isso possibilita, mesmo que parcial, a utilização do método e ganho das suas vantagens ainda que continue utilizando a mesma solução;
4. **Integrações com sistemas existentes:** por ser uma estrutura nova, não haverá sistemas que possibilitam integrações com a aplicação do método. Isso pode ser um empecilho para muitos times que já se utilizam de algum sistema de controle, monitore ou gerencie o gerenciamento. Uma alternativa adotada é semelhante ao ponto anterior. Seguir até onde o sistema permite possibilita integrações mais rápidas e possíveis vantagens que o método traz;
5. **Baixo foco em produto:** muitos times implementam métodos extremamente focados em produtos, por exemplo *Scrum*. Dessa forma, a implementação pode não traduzir a necessidade do time. Assim, a melhor abordagem é a utilização conjunta dos métodos. A implementação dos dois métodos permite um foco no produto e um foco na execução das atividades.

6. **Aplicação de curto prazo:** a aplicação do método para curtos prazos não se mostra vantajosa devido a necessidade da criação e aplicação de vários conceitos, blocos e componentes.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Contextualização

Será exposto um estudo de caso nesse tópico. Esse estudo consiste na aplicação do método desenvolvido em um time de engenharia de dados.

Um time de engenharia de dados trabalha prioritariamente desenvolvendo *pipelines de dados* que são, de um modo geral, etapas com o propósito de obter, transformar e carregar dados das mais diversas origens para os mais diversos destinos.

Para o estudo de caso em questão, o time de engenharia de dados adota a metodologia Scrum e Kanban (conhecido também como Scrumban) para o gerenciamento de suas atividades, com backlogs, sprints, responsabilidades e *boards* bem definidos.

Contudo, alguns problemas estavam sendo recorrentes para o time. Abaixo uma lista dos principais problemas:

1. As histórias de usuário representavam bem a situação-problema dos clientes do time, contudo não eram bem adaptadas para a execução das atividades;
2. Alto foco no produto possibilitava, às vezes, entregas funcionais, mas com baixa qualidade;
3. Muito tempo despendido para estimar as atividades a partir do *planning poker* estando as estimativas muitas vezes erradas;
4. Diferenças grandes entre definição das atividades, dificultando, ainda mais, a comparação a partir do *planning poker*;
5. Muito tempo despendido nas cerimônias do Scrum (*dailies*, *reviews* e *planning*);
6. Bloqueios recorrentes devido a dependências de outras atividades;
7. Priorizações a partir dos *boards* do Kanban após o início da *sprint* devendo sempre ser alinhadas com o *Product Owner*, gerando pequenos atrasos nas entregas;
8. Alto tempo de adaptação de novos colaboradores ao ingressarem no time;
9. Perca de informações quanto a forma de executar determinadas atividades ou processos;

Para tentar mitigar esses problemas utilizou-se o método desenvolvido neste trabalho.

4.2. Implementação

A abordagem utilizada é relatada no tópico (3.8). Dessa forma, o design de execução será desenvolvido se utilizando da mesma solução já utilizada anteriormente. A iteração será por bateladas de mesmo período que as *sprints* para possibilitar comparações. Um esboço do design de execução e do controle utilizado pelo time pode ser visto na Figura 7.

As principais atividades foram mapeadas e definidas seguindo o conceito das matérias primas. A Tabela 2 mostra algumas das atividades mapeadas e suas descrições.

Tabela 2 - Matérias primas mapeadas

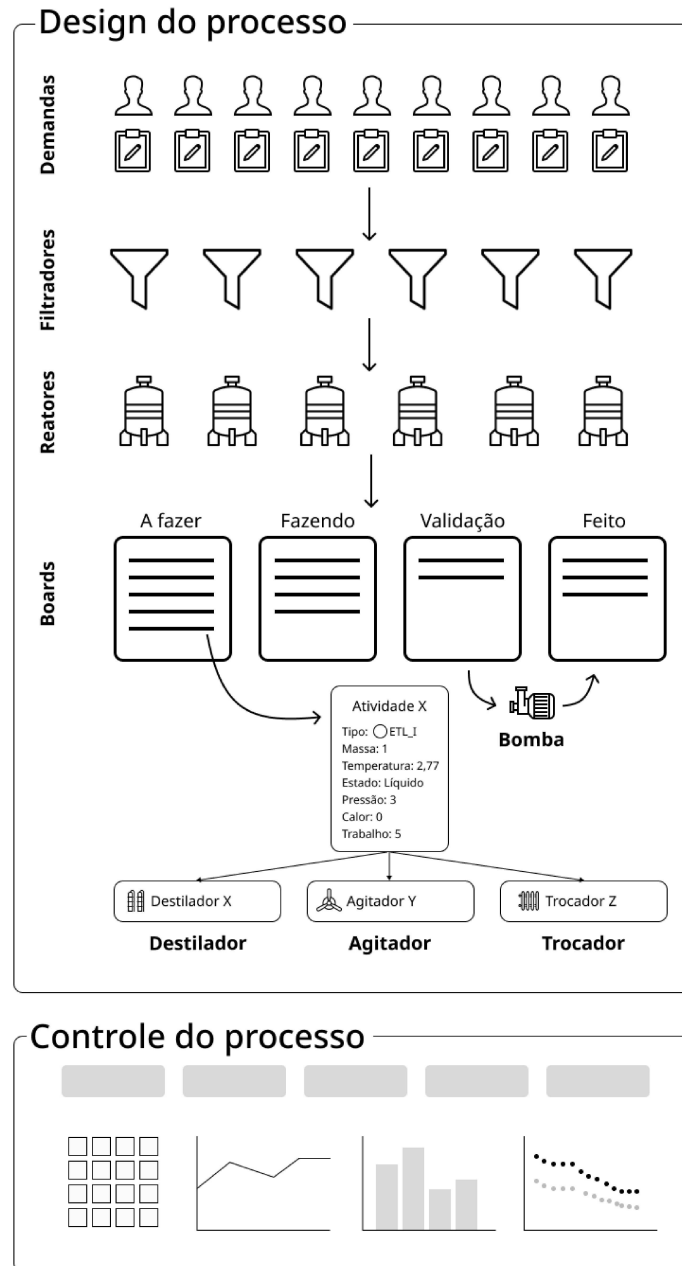
Atividade	Tipo	Descrição
ETL_I	Elemento químico	Atividade para realizar a ingestão de algum dado
ETL_T	Elemento químico	Atividade para realizar a transformação de algum dado
ETL_C	Elemento químico	Atividade para realizar o carregamento de algum dado
CARGA_TBL	Compósito	Processo de ETL
DQ	Elemento químico	Atividade para testes de qualidade de dados
ETL_ORCH	Compósito	Atividade para realizar a orquestração do ETL incluindo testes de qualidade de dados
QUERIE_OPT	Elemento químico	Atividade para otimizações de consultas (SQL)

Fonte: Autor

As matérias do tipo compósito são compostas a partir de elementos químicos. A Figura 8 mostra como esses compósitos são formados a partir desses elementos químicos. É possível também observar que o elemento QUERIE_OPT é somente um elemento, sem pertencer a algum compósito. Cada uma dessas atividades tem propriedades que representam os conceitos básicos do método, tais como massa, temperatura, pressão, volume etc.

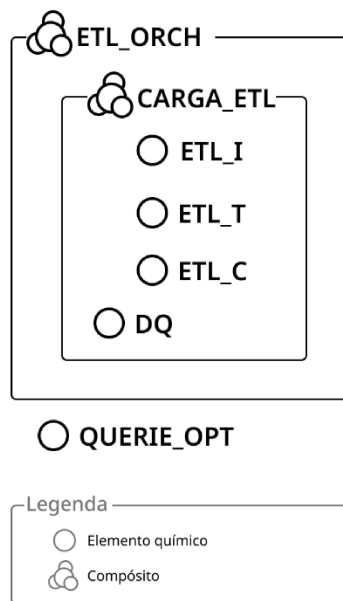
Dentro do bloco de filtradores, o time, inicialmente, apenas aplicou um único tipo de filtro denominado “Filtro de Escopo” que removia quaisquer atividades que estavam fora do escopo de execução do time. Esse processo era feito exclusivamente pelo *Product Owner*. Após o filtro, o processo passa para um reator a fim de verificar a necessidade de uma reação química. Para isso, foi criado um reator denominado “Reator de ativo de dado” que apenas realiza reações de separação. Esse reator define que a atividade deverá representar apenas um único ativo de dado, podendo esse ativo ser uma tabela, um arquivo, um *dashboard* etc.

Figura 7 – Desing e controle do processo utilizado pelo time



Fonte: Autor

Figura 8 - Estrutura dos compósitos e elementos químicos



Fonte: Autor

Após passar por essas etapas, a atividade é alocada nos *boards*. Nesse momento, as atividades são vinculadas a blocos necessários para sua execução. O principal bloco utilizado pelo time foram as torres de destilação. Alguns exemplos de torres criadas:

- Torre das fontes: torre que armazena e estrutura todas as fontes (origens) dos dados trabalhados pelo time, além de detalhar formas de conexão e extração;
- Torre de ingestão: torre que estrutura como é o processo de ingestão, documentando problemas usuais enfrentados e padrões a serem seguidos;
- Torre de transformação: mesma estrutura que a torre de ingestão, contudo para o processo de transformação;

Ainda, foram criadas bombas para facilitar o deslocamento das atividades. Uma bomba que merece destaque é a bomba de validação, que garante o deslocamento de atividades para serem validadas caso cumpram determinados critérios.

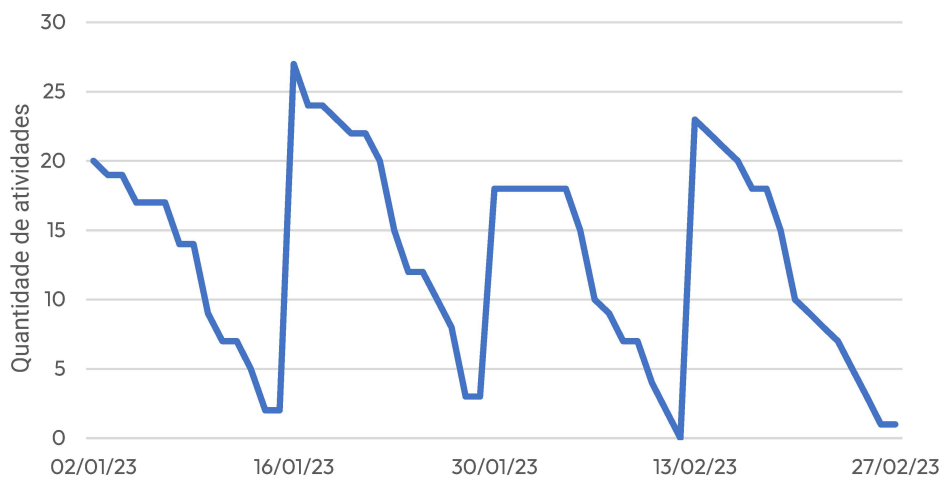
O controle do processo foi feito de forma externa a ferramenta, obtendo todas as informações necessárias a partir da API da ferramenta. As informações foram extraídas diariamente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação do método acarretou diversas melhorias. Ao restringir o escopo do *Scrum*, eliminou-se algumas cerimônias que, após a implementação do método, não se tornaram necessárias. Dessa forma, houve uma redução de 86% do tempo despendido nas cerimônias (aproximadamente quatro horas por sprint por membro do time).

Com a aplicação do método foi possível também aplicar os balanços de massa e de energia. Um exemplo de comportamento para o balanço de massa é exposto no Gráfico 2. O balanço de massa permite calcular a taxa de entrega de atividades para um determinado período calculando-se a variação das atividades concluídas pelo período especificado (velocidade do time). Além disso, foi possível identificar momentos de estagnação do time ao calcular momentos em que a velocidade é próxima a zero. Essa análise permitiu o time atuar mais proativamente nesses momentos, removendo possíveis impedimentos ou gargalos.

Gráfico 2 - Simulação dos balanços das massas das matérias primas do método



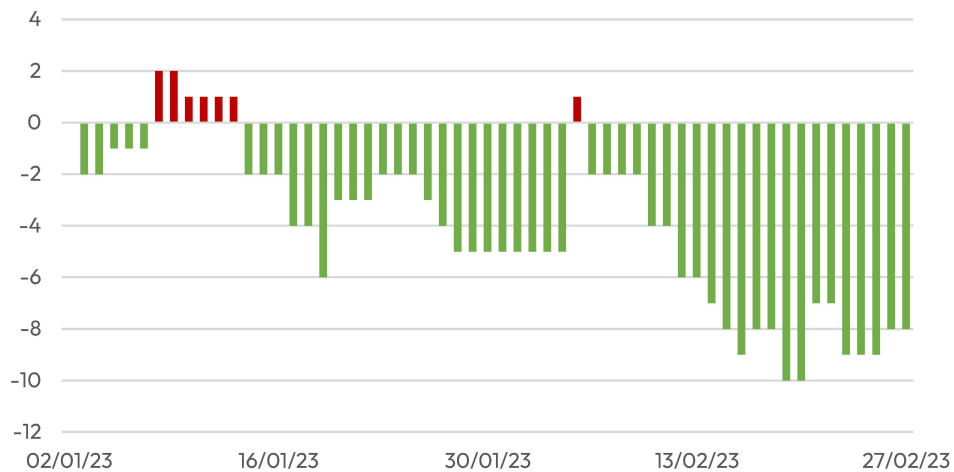
Fonte: Autor

Uma análise parecida era realizada antes a partir do gráfico de *burndown* do *Scrum*, contudo devido a análise ser feita a partir de pontos de histórias de usuários os resultados eram distorcidos devido aos problemas já abordados da estimativa do *scrum poker*.

Outra análise que o método permitiu foi a partir do balanço de energia. Com ele é possível determinar pontos onde o fluxo está gerando mais calor que trabalho útil. Isto é, momentos de atraso no fluxo. O Gráfico 3 mostra uma simulação para o balanço de energia. Momentos em que as barras estão vermelhas representam momentos de atraso no fluxo. Já as

barras verdes mostram momentos que o fluxo está entregando atividades antes do prazo. Esse balanço permitiu uma análise mais rápida quanto ao andamento do fluxo. Permitiu ao time ter uma métrica fácil e prática para mensurar quais avanços eram necessários para compensar possíveis atrasos. Ainda, uma análise conjunta do balanço de massa e do balanço de energia pôde ser feita para melhor entendimento do comportamento de execução do time.

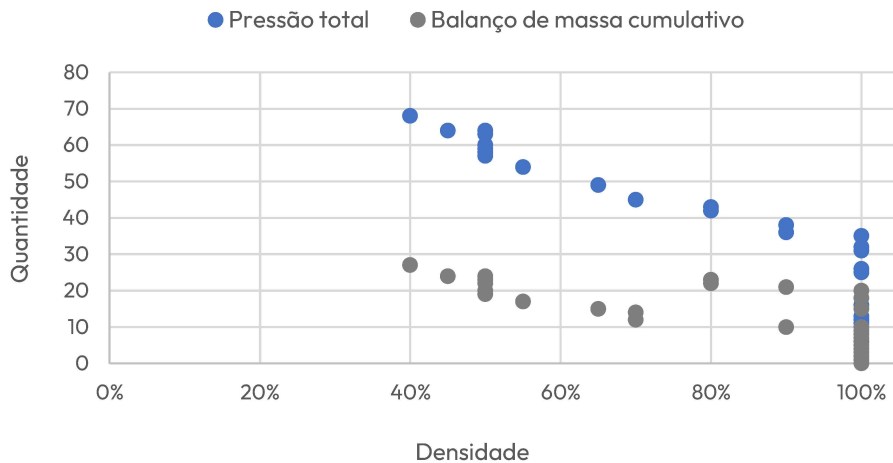
Gráfico 3 - Simulação de um balanço entre trabalho e calor das matérias primas do método



Fonte: Autor

O detalhamento da densidade frente a pressão total e ao balanço de massa permitiu identificar o ponto de maior performance do time. Um exemplo de análise pode ser visto no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Pressão e balanço das massas das matérias primas do método versus densidade



Fonte: Autor

É possível identificar que o time consegue atingir uma densidade de 100% a partir de uma pressão total de 30 ou de um volume de 15. Com isso, é fácil enxergar momentos em que se pôde alocar mais ou menos atividades para o fluxo ou mesmo se atividades mais dependentes (de maior pressão) podiam ser adicionadas a ele. Outra métrica que poderá ser útil para o melhor entendimento da performance é a área. O Gráfico 4 pode ser modificado para avaliar a área versus densidade. Essa abordagem permite ponderar pela força de trabalho. Uma das vantagens dessa adaptação pela área é conseguir estimar o impacto de um novo reforço para o time ou se o acréscimo de um membro resultaria na melhora esperada.

A implementação também permitiu a remoção de problemas relacionados a realização de atividades bloqueadas devido a dependências. Aplicou-se a regra que somente atividades com pressão igual a um poderiam ser iniciadas. Isso garantiu que atividades com dependências ainda não concluídas não podiam ser iniciadas. Essa modificação aumentou a produtividade total do time, garantindo o foco somente nas atividades que podiam ser iniciadas.

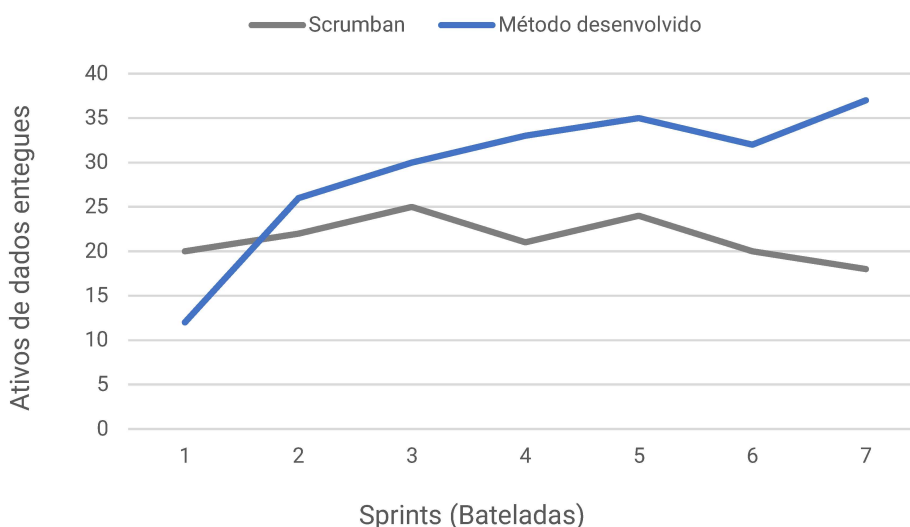
Outro ganho foi em relação a priorização das atividades. Antes, eram gastas, aproximadamente, 10 horas por *sprint* para realinhar priorizações. Para solucionar esse problema, o time adotou a temperatura como métrica para priorização, permitindo que as atividades com maiores temperaturas percentuais fossem executadas primeiro. Essa abordagem reduziu abordagens subjetivas e gerou um ganho de 10 horas por *sprint*.

Ao adotar as matérias primas associadas aos seus componentes (trocadores, torres e agitadores), o time também conseguiu reduzir o tempo de *onboarding* de novos colaboradores. Anteriormente, um novo colaborador para desempenhar as principais funções precisava de 40 horas aproximadamente. Com as adaptações promovidas pelo método, esse tempo reduziu para 20 horas, representando um ganho de 50%. Ainda, quaisquer percas de informações foram mitigadas drasticamente com a implementação das torres de destilação associadas a bombas de validação que garantiam que novas atividades sempre possuíam torres, agitadores e trocadores vinculados.

Por fim, além das análises e resultados que o método permite, foi avaliado o aumento de performance do time ao implementá-lo. Duas métricas são essenciais nesse sentido: quantidade de ativos de dados entregues e tempo médio de inatividade dos dados. Os ativos de dados são quaisquer produtos de dados, por exemplo tabela, arquivo, *dashboard* etc. O tempo de inatividade de dados é a principal métrica para avaliar um processo de qualidade de dados. No caso do time de engenharia de dados, é a métrica utilizada para mensurar se os processos implementados que geram ativos de dados foram implementados com a qualidade devida.

Foram realizadas comparações, para um mesmo período, dessas métricas atuando com o método novo e com o método já aplicado (Scrumban). O Gráfico 5 mostra a comparação para os ativos de dados. A aplicação da estrutura antiga permitia o time entregar, em média, 21 ativos de dados por *sprint*/batelada. Após a implementação do método desenvolvido, o time passou a entregar, em média, 29 ativos de dados. Essa diferença representa um ganho 37%.

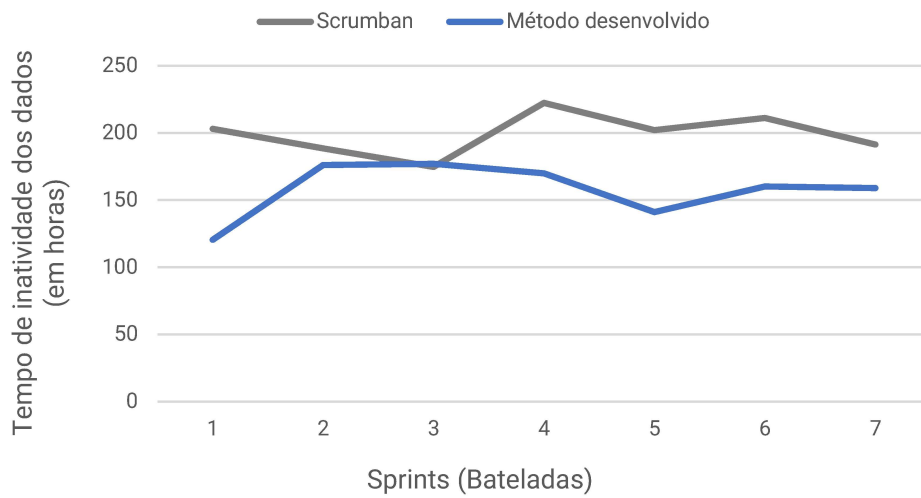
Gráfico 5 - Comparativo entre quantidade de ativos de dados entregues por sprint entre Scrumban e método desenvolvido



Fonte: Autor

Já o comparativo para o tempo de inatividade dos dados pode ser visto no Gráfico 6. A comparação permite verificar que o tempo média de inatividade dos dados após a implementação do método caiu de 199 horas para 158 horas. Essa redução é aproximadamente de 21%. Para cada hora de inatividade de dados pode ser estimado um custo. Para o caso em questão, cada hora de inatividade de dados representava, em média, um custo de R\$ 57. Dessa forma, essa redução do tempo de inatividade resultou em uma redução de R\$ 4674.

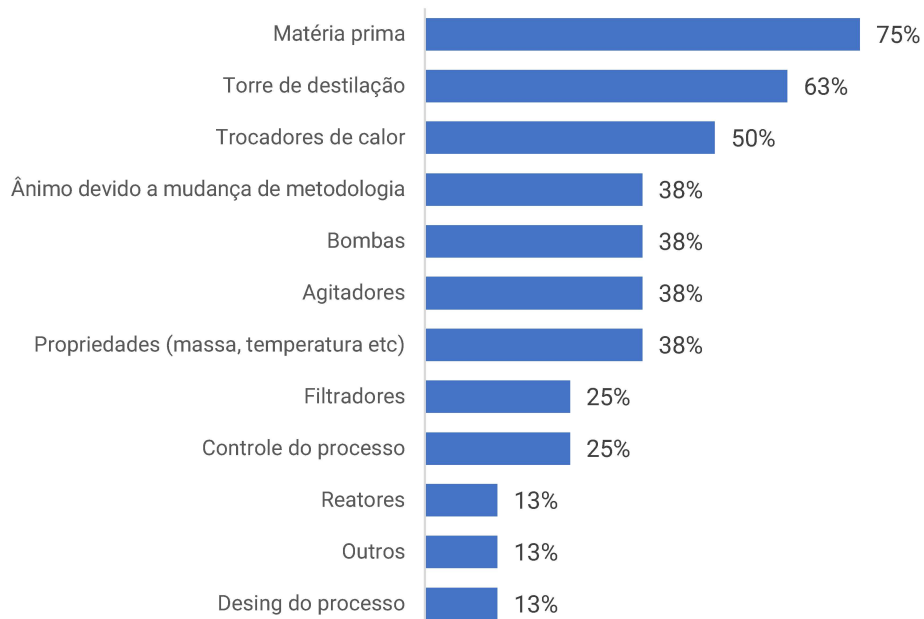
Gráfico 6 - Comparativo entre tempo de inatividade de ativos de dados por sprint entre Scrumban e método desenvolvido



Fonte: Autor

Por fim, a fim de avaliar a análise do time, foi perguntado quais os fatores mais contribuíram para todas essas melhorias (Gráfico 7). Os dois principais fatores pontuados foram a utilização do conceito de matéria prima e utilização de torres de destilação, com 75% e 63% respectivamente.

Gráfico 7 - Análise do time em relação a quais fatores mais contribuíram para as melhorias



Fonte: Autor

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou desenvolver e apresentar um novo método para o gerenciamento de fluxos de trabalho baseado em princípios fundamentais da Engenharia Química. Ao longo deste estudo, foram detalhados os fundamentos da Engenharia Química, destacando os balanços de massa e de energia como alicerce dessa abordagem. A pesquisa também forneceu uma fundamentação teórica, abordando conceitos relacionados ao gerenciamento de fluxos de trabalho e suas ramificações nas áreas de gerenciamento de projetos e atividades de conhecimento.

Os resultados deste trabalho revelam que a aplicação do método pode conduzir a melhorias significativas nos fluxos de trabalho em diversos contextos. Para o estudo de caso aplicado, a implementação do método resultou em aumento de produtividade de 37% e redução de R\$ 4674/mês. Obteve-se também redução significativa nos tempos com reuniões, repriorizações e *onboardings*. Com o método também foi possível encontrar critérios de otimização para o time, permitindo identificar momentos que o time suportaria ou não acréscimo de novas atividades. As desvantagens destacadas ao longo deste estudo não devem ser consideradas como obstáculos intransponíveis. Em vez disso, essas limitações devem ser encaradas como desafios que podem ser superados com o desenvolvimento contínuo do método e a adaptação às necessidades específicas de cada cenário de aplicação.

Em relação às sugestões para futuras pesquisas, destaca-se a necessidade de ampliar a aplicação do método em diferentes setores e contextos organizacionais. Além disso, a investigação de métodos de adaptação do modelo conceitual da Engenharia Química para cenários de gerenciamento de fluxos de trabalho pode abrir novas perspectivas. Estudos de caso adicionais podem aprofundar nossa compreensão dos impactos do método em diferentes ambientes de trabalho. Ainda, deve-se pensar em incluir novos conceitos da Engenharia Química que possibilitem melhorias no gerenciamento dos processos.

Este trabalho demonstra que a interdisciplinaridade entre a Engenharia Química e a gestão de fluxos de trabalho é uma via promissora para a otimização de processos e aprimoramento da eficiência nas organizações. O método desenvolvido representa um passo em direção a essa convergência, aproveitando os princípios sólidos da Engenharia Química para melhorar os fluxos de trabalho de conhecimento.

Em suma, a solução desenvolvida emerge como uma abordagem promissora e inovadora para o gerenciamento de fluxos de trabalho, embasada em conceitos sólidos da Engenharia Química. Este trabalho oferece uma visão inicial e uma base sólida para futuros

desenvolvimentos, e a aplicação prática e a contínua pesquisa nessa direção têm o potencial de inovar a gestão de fluxos de trabalho em diversos setores.

Oportunidades para novas investigações e aplicações práticas desta abordagem são abundantes, e a expectativa é de que o método possa desempenhar um papel significativo na otimização dos processos e na melhoria da eficiência nas organizações.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, David J.; CARMICHAEL, Andy. **Essential kanban condensed**. Blue Hole Press, 2016.

CENGEL, Runus A. **Introduction to thermodynamics and heat transfer**. McGraw-Hill, 2008.

ESPENSON, James H. **Chemical kinetics and reaction mechanisms**. New York: McGraw-Hill, 1995.

HIMMELBLAU, David Mautner; RIGGS, James B. **Basic principles and calculations in chemical engineering**. FT press, 2012.

ROFFEL, Brian; BETLEM, Ben. **Process dynamics and control: modeling for control and prediction**. John Wiley & Sons, 2007.

ROYCE, Winston W. Managing the development of large software systems: concepts and techniques. In: **Proceedings of the 9th international conference on Software Engineering**. 1987. p. 328-338.

SCRUM GUIDE. **Scrum Guides**. Disponível em: <<https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-scrum-guide-us.pdf>>. Acesso em 2023/10/29.

SCRUM ORG. **Scrum.org – The home of Scrum**. Disponível em <<https://www.scrum.org/>>. Acesso em: 2023/11/02.

SMITH, Robin. **Chemical process: design and integration**. John Wiley & Sons, 2005.

STATE OF AGILE REPORT. **Info Digital**. Disponível em: <<https://info.digital.ai/rs/981-lqx-968/images/soa16.pdf>>. Acesso em 2023/10/27.

THE OFFICIAL KANBAN GUIDE, 2022. **Kanban University**. Disponível em: <https://kanban.university/wp-content/uploads/2023/04/the-official-kanban-guide_a4.pdf>. Acesso em: 2023/10/05.

VAN DER AALST, Wil; VAN HEE, Kees Max. **Workflow management: models, methods, and systems**. MIT press, 2004.

WELTY, James; RORRER, Gregory L.; FOSTER, David G. **Fundamentals of momentum, heat, and mass transfer**. John Wiley & Sons, 2020.

YUNUS, A. Cengel. **Fluid Mechanics: Fundamentals And Applications (Si Units)**. Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2010.