
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
LABORATÓRIO DE ENGENHARIA E EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PRÉ-PROJETO DE ENGENHARIA
DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE
Análise Incrustação Amostra de Salmoura
DISCIPLINA LEP - LEP01449: Introdução ao Projeto de Engenharia
Setor de Modelagem Matemática Computacional

Versão 1:
Allida Faial e João Vitor Pardo

Versão 2:
AUTORES

Prof. André Duarte Bueno

MACAÉ - RJ

Janeiro - 2025

Sumário

1	Introdução	3
1.1	Identificação da Proposta	3
1.2	Resumo	5
1.3	Escopo do Problema	5
1.4	Objetivos	6
1.5	Metodologia	6
1.6	Informações Adicionais Específicas	6
2	Etapas, Cronograma e Orçamento Preliminar	9
2.1	Etapas	9
2.2	Cronograma	10
2.3	Orçamento Preliminar	11
2.4	Informações Extras Mecanismos Gestão	11

Capítulo 1

Introdução

Segundo o CREA/CONFEA um dos quesitos fundamentais que diferenciam a atuação de um técnico da atuação de um engenheiro é a capacidade de desenvolver um projeto de engenharia; Neste trabalho, apresenta-se a pré-proposta de um projeto em engenharia de software aplicado a solução de um problema específico da engenharia de petróleo.

Apresenta-se aqui a proposta de desenvolvimento do software Analise Incrustação Amostra de Salmoura. Um software aplicado a engenharia de petróleo e que visa auxiliar as empresas prestadoras de serviços a conseguirem determinar o grau de incrustação de uma salmoura. Determinar a criticidade para que possa ser obtido um produto afim que durante a inscrutação nao haja incrustação nos tubos de produção. A formação de incrustações em sistemas de produção de petróleo é um dos desafios operacionais mais recorrentes da indústria, afetando diretamente a eficiência dos processos e gerando custos com manutenção e intervenções. Essas incrustações, geralmente formadas por sais de baixa solubilidade como a calcita (CaCO_3) e a barita (BaSO_4), se depositam em tubulações e equipamentos ao longo do tempo, obstruindo o fluxo e exigindo ações corretivas frequentes (Silva, 2019). Diante desse cenário, este projeto propõe o desenvolvimento de um software, em linguagem C++, voltado para a análise do potencial de incrustação em amostras de salmoura, com aplicação direta em ambientes da engenharia de petróleo. A proposta busca oferecer uma ferramenta de apoio que permita prever, com base em parâmetros físico-químicos como concentração de íons, temperatura e pressão, a possibilidade de precipitação de sais em solução aquosa.

1.1 Identificação da Proposta

Tipo de investimento /divulgação:

- PROJETO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO / DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

Coordenador:

- André Duarte Bueno

Gerência técnica:

- Nome Empresa/Instituição: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
- Nome Gerente: Allida Faial e João Vitor Pardo
- E-mail: allidarsfaial@gmail.com ; joaopardo@gmail.com
- Telefone: (21) 99215-5877 (35) 98879-6676

Equipe:

- Nome Gerente: Allida Faial e João Vitor Pardo
- E-mail: allidarsfaial@gmail.com joaopardo@gmail.com
- Telefone: (21) 99215-5877 (35) 98879-6676

Vínculo institucional do processo:

- UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO/UENF
- CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CCT
- DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO - LENEP
- SETOR DE MODELAGEM MATEMÁTICA COMPUTACIONAL

Duração:

- 5-7 mês(es)

Data de submissão:

- 28/03/2025

Número da proposta:

- LDSC-2023-1-P50 (“Professor seria esse o numero mesmo?”)

Tipo de instrumento contratual:

- Trabalho de disciplina

Título do projeto:

- Analise Incrustação Amostra de Salmoura.

Palavras-chave:

- Incrustação, Salmoura, Produção, Sais, Cátions, Ânions

1.2 Resumo

Será desenvolvido um software para prever a precipitação de sais, um problema comum em várias indústrias, principalmente na de petróleo. Quando certos sais, como a calcita (CaCO_3) e a barita (BaSO_4), se acumulam nos equipamentos, podem causar entupimentos e diminuir a eficiência das operações. O software vai ajudar a prever quando isso pode acontecer, analisando fatores como concentração de íons, temperatura e pressão. Basicamente, ele compara se a quantidade de íons dissolvidos na solução ultrapassa um certo limite (K_{sp}). Se isso acontecer, significa que os sais vão começar a se formar e podem causar problemas. Será desenvolvido tudo em C++, organizando as informações em classes que representam as soluções químicas, os sais e os cálculos necessários. O usuário insere dados como concentração de íons, temperatura e pressão, e o programa retorna se haverá precipitação ou não. A ideia é que esse software auxilie como uma ferramenta para evitar problemas operacionais e ajudar a tomar decisões mais assertivas, economizando tempo e dinheiro em processos onde a formação de incrustações pode ser um grande desafio.

1.3 Escopo do Problema

- A precipitação de sais é um problema recorrente em diversos processos industriais, especialmente na indústria do petróleo, onde compostos como calcita (CaCO_3) e barita (BaSO_4) podem se formar e se depositar em equipamentos, obstruindo dutos e reduzindo significativamente a eficiência operacional. Esses depósitos, conhecidos como incrustações, exigem intervenções frequentes, elevando custos de manutenção e impactando negativamente a produção. Neste contexto, o projeto propõe o desenvolvimento de um software capaz de prever, com base em parâmetros físico-químicos como concentração de íons, temperatura e pressão, a possibilidade de precipitação de sais em soluções aquosas. O sistema atuará como ferramenta de apoio à tomada de decisão, antecipando cenários críticos e permitindo a adoção de medidas preventivas. O escopo do projeto está centrado na construção de um modelo computacional que, por meio da comparação entre a concentração iônica e o produto de solubilidade (K_{ps}), indique a possibilidade de formação de precipitados. A aplicação foca em ambientes industriais com condições complexas, como os encontrados em poços de petróleo offshore, sendo especialmente útil para engenheiros de reservatório, produção e operação. O software será desenvolvido em C++, com estrutura modular orientada a objetos, facilitando sua expansão futura. Embora existam ferramentas comerciais que abordam esse tipo de previsão, muitas delas são caras ou excessivamente complexas para aplicações educacionais ou operacionais básicas. O diferencial desta proposta está em sua simplicidade, acessibilidade e personalização para contextos acadêmicos e laboratoriais, oferecendo um recurso didático e funcional.

1.4 Objetivos

Os objetivos deste projeto de engenharia são:

- Objetivo geral:
 - Desenvolver um software em linguagem C++ para prever a precipitação de sais inorgânicos em soluções aquosas, com foco na aplicação em processos da engenharia de petróleo. O sistema utilizará princípios de modelagem matemática computacional para analisar condições físico-químicas como concentração de íons, temperatura e pressão, e indicar a ocorrência potencial de precipitação com base na comparação entre o produto iônico e o produto de solubilidade (Kps).
- Objetivos específicos:
 - Modelar física e matematicamente o problema da precipitação de sais utilizando conceitos de equilíbrio químico e solubilidade.
 - Desenvolver a modelagem estática do software com diagramas de caso de uso, de pacotes e de classes.
 - Elaborar a modelagem dinâmica do software, definindo algoritmos e fluxos de processamento para avaliação das condições de precipitação.
 - Implementar os cálculos para verificar a condição de supersaturação com base nas entradas do usuário (concentração de íons, temperatura e pressão).
 - Criar um sistema de alerta simples que indique a possibilidade de formação de precipitados específicos (ex: CaCO_3 , BaSO_4).
 - Realizar simulações para testar a funcionalidade do software com diferentes conjuntos de dados representativos de situações reais.
 - Desenvolver um manual simplificado de uso do software, com explicações sobre a inserção de dados, interpretação dos resultados e limitações do sistema.

1.5 Metodologia

A Figura 1.1 apresenta a metodologia a ser utilizada no desenvolvimento do sistema.

1.6 Informações Adicionais Específicas

Apesar de apresentar uma estrutura funcional e baseada em fundamentos teóricos consolidados, o software desenvolvido ainda possui algumas limitações. Atualmente, ele trabalha com uma lista pré-definida de sais e não considera interações mais complexas entre múltiplos componentes presentes em sistemas reais, como efeitos simultâneos de diferentes íons ou variações de temperatura e pressão ao longo

do tempo. Além disso, o cálculo se baseia em valores de entrada fornecidos diretamente pelo usuário, sem integração com bases de dados externas. Quanto à validação dos resultados, a abordagem adotada será a comparação com dados reais. A intenção é testar os valores calculados pelo sistema com amostras reais de salmouras fornecidas por empresas ou laboratórios parceiros, verificando a coerência entre os níveis de incrustação previstos pelo software e os dados observados em laboratório. Essa comparação permitirá avaliar a confiabilidade do modelo e ajustar possíveis desvios entre o comportamento teórico e a prática experimental.

- UML: [Blaha and Rumbaugh, 2006, Rumbaugh et al., 1994].
 - Projetos: [autores, 2017, Inc, 2021, Pires, 2012, Woiler, 1996].
 - Gestão de Projetos: [Abrantes, 2020, de Logística e Tecnologia da Informação, 2011, Heldman, 2000, de Moura Menezes, 2018, Pahl, 2005, Valeriano, 2015, Rosa, 2007]
 - Produtos: [Abrantes, 2020].
 - C++: [Bueno, 2003]

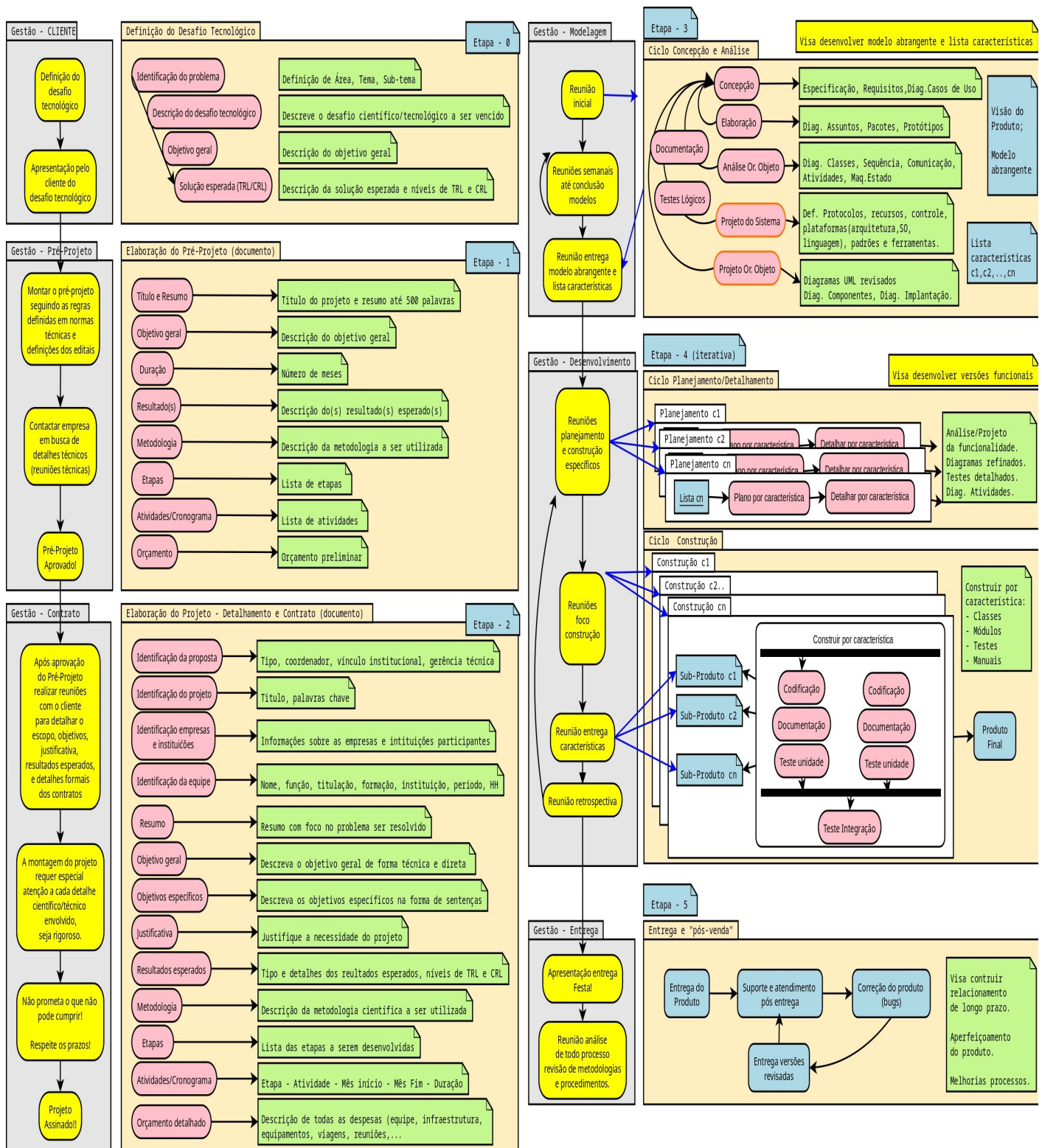


Figura 1.1: Metodologia utilizada no desenvolvimento do sistema

Capítulo 2

Etapas, Cronograma e Orçamento Preliminar

Neste capítulo temos a lista das etapas, cronograma e orçamento.

2.1 Etapas

Esta proposta, caso aprovada, será desenvolvida seguindo as etapas abaixo descritas. Um detalhamento das etapas esta disponível aqui:

- Etapa 0 - Definição do desafio tecnológico
 - Identificação do problema, descrição do desafio tecnológico, objetivo geral e solução esperada (TRL/CRL).
- Etapa 1 - Elaboração do pré-projeto
 - Elaboração da primeira versão do projeto, rascunho inicial (este documento).
- Etapa 2 - Elaboração do projeto - detalhamento e contrato
 - Após aprovação do pré-projeto os alunos detalham o mesmo gerando o projeto. Os dados do pré-projeto podem ser copiados para o projeto, a seguir tudo deve ser detalhado. As etapas associadas devem ser bem definidas. O cronograma deve ser realista. O orçamento deve ser bem realizado.
- Etapa 3 - Modelagem de engenharia:
 - Concepção; Elaboração; Análise Orientada a Objeto; Projeto do Sistema; Projeto Orientado a Objeto.
 - Realização de testes lógicos; Documentação (geração dos documentos de modelagem e diagramas associados).
- Etapa 4 - Ciclos de planejamento, detalhamento e construção/implementação:
 - Detalhamento e construção das "*features*" do software (teremos aqui diversos ciclos de desenvolvimento, a depender a complexidade do sistema a ser desenvolvido).

- Realização de testes de integração e confecção dos manuais do desenvolvedor e do usuário.
- Etapa 5 - Entrega do produto:
 - Verificações finais na documentação e testes.
 - Entrega do produto.

2.2 Cronograma

Apresenta-se a seguir o cronograma de execução do projeto.

- Exemplo considerando produto desenvolvido em 4-6 meses:

Mês	1	2	3	4	5	6
Etapa 0 - Definição do desafio tecnológico	X					
Etapa 1 - Elaboração do pré-projeto	X	X				
Etapa 2 - Elaboração do projeto - detalhamento e contrato		X	X			
Etapa 3 - Modelagem de engenharia			X			
Etapa 4 - Ciclos de planejamento, detalhamento e implementação			c1	c2	c3	F
Etapa 5 - Entrega do produto (defesa)						D

- Exemplo considerando produto desenvolvido em 12 meses:
 - Note que estamos considerando 3 ciclos de desenvolvimento e para versão final um prazo para finalizar detalhes e manuais.

Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Etapa 0 - Desafio tecnológico	X											
Etapa 1 - Pré-projeto	X											
Etapa 2 - Projeto	X	X										
Etapa 3 - Modelagem		X	X									
Etapa 4 - Ciclos			c1	c1	c1	c2	c2	c2	c3	c3	c3	F
Etapa 5 - Entrega do produto (defesa)				c1			c2			c3		D

- Exemplo considerando produto desenvolvido em 18 meses:
 - Note que estamos considerando 3 ciclos de desenvolvimento e para versão final um prazo para finalizar detalhes e manuais.

Mês corrido		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mês do ano	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
Etapa 0 - Desafio	X																
Etapa 1 - Pré-projeto		X															
Etapa 2 - Projeto		X	X														
Etapa 3 - Modelagem			X	X													
Etapa 4 - Ciclos					c1	f	c1	c1	c2	c2	c2	f	c3	c3	c3	c3	F
Etapa 5 - Entrega				M				e1			e2					e3	D

- Exemplo considerando produto desenvolvido em 24 meses:
- Note que estamos considerando 4 ciclos de desenvolvimento e para versão final um prazo para finalizar detalhes e manuais.

Mês corrido	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	24
Mês do ano	3	5	7	9	11	1	3	5	7	9	11		
Etapa 0 - Desafio	X												
Etapa 1 - Pré-projeto	X												
Etapa 2 - Projeto	X	X											
Etapa 3 - Modelagem		X	X										
Etapa 4 - Ciclos			c1	c1	c1	c2	c2	c2	c3	c3	c3	F	c3
Etapa 5 - Entrega				c1			c2			c3		D	

2.3 Orçamento Preliminar

Esse estudo não terá custos, já que o software será desenvolvido com base em conceitos e planilhas que já existem. Toda a parte de modelagem, programação, testes e detalhamento do sistema será feita pelos alunos Állida e João Vitor, utilizando seus próprios notebooks. Além disso, os materiais teóricos utilizados serão livros e conteúdos já disponíveis, sem necessidade de compra de ferramentas ou contratação de serviços.

2.4 Informações Extras Mecanismos Gestão

Para manter o andamento do projeto de forma organizada e colaborativa, estamos utilizando algumas ferramentas digitais como apoio à gestão, mesmo que o foco principal seja o desenvolvimento técnico. As reuniões da dupla são marcadas semanalmente com o uso do Google Calendar, o que tem ajudado a manter uma rotina de acompanhamento e alinhamento das atividades. Os arquivos de apoio, como materiais de referência, anotações, documentos e rascunhos, estão sendo armazenados no Google Drive, o que facilita o acesso remoto e a organização dos conteúdos ao longo do tempo. Além disso, todo o código do projeto está sendo versionado no GitHub, o que permite acompanhar a evolução do desenvolvimento, controlar alterações e manter o histórico das contribuições feitas por cada integrante. Essas ferramentas têm contribuído para uma melhor organização do trabalho e maior eficiência na execução das tarefas do projeto. .

Referências Bibliográficas

- [Abrantes, 2020] Abrantes, J. (2020). *Projeto e Engenharia de Produtos*. Ciencia Moderna. ISBN-13 : 978-8539910847. 7
- [autores, 2017] autores, V. (2017). *Projetos de engenharia - uma introdução*. LTC. ISBN-13 : 978-8521634454. 7
- [Blaha and Rumbaugh, 2006] Blaha, M. and Rumbaugh, J. (2006). *Modelagem e Projetos Baseados em Objetos com UML 2*. Campus, Rio de Janeiro. 7
- [Bueno, 2003] Bueno, A. D. (2003). *Programação Orientada a Objeto com C++ - Aprenda a Programar em Ambiente Multiplataforma com Software Livre*. Novatec, São Paulo, 1 edition. 7
- [de Logística e Tecnologia da Informação, 2011] de Logística e Tecnologia da Informação, S. (2011). *Fundamentos em Gestão de Projetos - Construindo Competências para Gerenciar Projetos BRASIL*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG). 7
- [de Moura Menezes, 2018] de Moura Menezes, L. C. (2018). *Gestão de Projetos*. Atlas. 7
- [Heldman, 2005] Heldman, K. (2005). *Gerência de projetos*. Elsevier. ISBN 13 : 978-8535216844, Rio de Janeiro. 7
- [Inc, 2021] Inc, P. M. I. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge and the Standard for Project Management*. PMI Project Management Institute. ISBN 13: 978-1628256642. 7
- [Pahl, 2005] Pahl, G. (2005). *Projeto na Engenharia: Fundamentos do Desenvolvimento Eficaz de Produtos - Métodos e Aplicações*. Blucher. ISBN-13: 978-8521203636. 7
- [Pires, 2012] Pires, A. M. S. (2012). *Projeto de Instalações Elétricas e Telecomunicações*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. 7
- [Rosa, 2007] Rosa, M. O. (2007). *Gerenciamento de projetos de governo*. PMI-DF - PMInforma. 7
- [Rumbaugh et al., 1994] Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., and Lorensen, W. (1994). *Modelagem e Projetos Baseados em Objetos*. Edit. Campus, Rio de Janeiro. 7
- [Valeriano, 2015] Valeriano, D. (2015). *Moderno Gerenciamento de Projetos*. Pearson. 7
- [Woiler, 1996] Woiler, S. (1996). *Projetos: planejamento, elaboração, análise*. Atlas. 7