

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS E CONSTRUÇÃO**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**ANÁLISE DA PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES CRÍTICAS EM  
PROJETOS LINEARES: ESTUDO DE CASOS EM PROJETOS  
FERROVIÁRIOS**

**HUMBERTO COELHO DE MELO**

**ORIENTADOR: DR. PAULO ROBERTO PEREIRA ANDERY**

**Belo Horizonte**

**2014**

**HUMBERTO COELHO DE MELO**

**ANÁLISE DA PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES CRÍTICAS EM  
PROJETOS LINEARES: ESTUDO DE CASOS EM PROJETOS  
FERROVIÁRIOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

**Linha de Pesquisa:** Gestão de Empreendimentos de Construção Civil.

**Orientador:** Professor Dr. Paulo Roberto Pereira Andery.

**Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia de Materiais e Construção  
Universidade Federal de Minas Gerais**

**Belo Horizonte  
2014**

M528a

Melo, Humberto Coelho de.

Análise da priorização de atividades críticas em projetos lineares  
[manuscrito]: estudo de casos em projetos ferroviários / Humberto Coelho  
de Melo. – 2014.

xii, 128 f., enc.: il.

Orientador: Paulo Roberto Pereira Andery.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais,  
Escola de Engenharia.

Anexos: f. 129-163.

Bibliografia: f. 125-128.

1. Construção civil - Teses. 2. Administração de projetos - Teses.  
I. Andery, Paulo R. P. (Paulo Roberto Pereira). II. Universidade Federal  
de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 691(043)

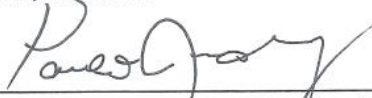
**Humberto Coelho de Melo**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**ANÁLISE DA PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES CRÍTICAS EM PROJETOS LINEARES: ESTUDO DE CASOS EM PROJETOS FERROVIÁRIOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

**Linha de Pesquisa:** Gestão de Empreendimentos de Construção Civil.

Banca Examinadora:



---

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery  
DEMC / UFMG - Orientador



---

Prof. Dr. Cícero Murta Diniz Starling  
DEMC / UFMG



---

Profa. Dra. Maria Aparecida Steinherz Hippert  
Departamento de Construção Civil / UFJF

Belo Horizonte, 9 de junho de 2014.

## DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação à minha esposa Júlia, que em todos os momentos esteve ao meu lado, apoiando e angariando forças para que eu alcançasse este objetivo. Ao meu filho Heitor, que foi o combustível motivacional para chegar ao final deste trabalho. Aos meus pais Onício e Maria Teresa, e à minha irmã Camila, que sem o apoio e incentivo eu não estaria firme nessa caminhada. Ao meu orientador Dr. Paulo Andery, que me direcionou na pesquisa, mas, especialmente, mostrou-me caminhos para tomadas de decisões importantes.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por sua onipresença em todas as ações em minha vida.

À amiga Lisbela Leal que me deu apoio e me autorizou a cursar o mestrado à época, bem como me concedeu o acesso aos dados para a realização da pesquisa.

Aos colegas de trabalho da Gerência de Projetos Ferroviários que compartilharam seu conhecimento e experiência, o que foi fundamental para o desenvolvimento dos trabalhos. Em especial, agradeço ao engenheiro Leonardo Gottschalg pela sua contribuição desde a elaboração do projeto de pesquisa.

A todos os outros colegas de trabalho da Vale que me permitiram crescer em termos de conhecimento na gestão de projetos ferroviários.

A todos os profissionais que contribuíram diretamente para a pesquisa ao responderem os questionários aplicados, dedicando parte de seu tempo a essas atividades.

Ao meu amigo e orientador Dr. Paulo Andery que, por diversas vezes orientou-me e me deu oportunidades de participar de eventos. Mas, principalmente, por meio de suas palavras sábias mostrou-me o caminho de valores pessoais que transcendem a formação comum de um indivíduo. Serei eternamente grato.

## RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo exploratório sobre as atividades dos projetos conceituais de engenharia em empreendimentos lineares (ou projetos de infraestrutura), mais especificamente ferrovias, na segunda etapa do método *Front-End-Loading*. Utilizando o método de estudo de casos múltiplos, procurou-se identificar quais atividades de engenharia podem ser priorizadas considerando o impacto em termos de custos de construção do empreendimento, impacto no prazo de construção e no prazo de desenvolvimento do projeto. Em paralelo, utilizou-se o método Delphi para fazer uma pesquisa junto a especialistas, no sentido de identificar quais as atividades mais relevantes na determinação do escopo da etapa de projeto de empreendimentos lineares. A partir dessa pesquisa exploratória e da aplicação do Delphi, foram sugeridas 10 diretrizes, dentre elas a Diretriz 3: *“Há disciplinas de engenharia mais relevantes, as quais devem ser tratadas em maior nível de detalhes, enquanto que para as disciplinas com menor relevância sugere-se que as mesmas sejam incluídas como verbas baseadas em índices de outros projetos com características similares na etapa de FEL2”*, a Diretriz 5 *“As disciplinas de projetos de natureza e características semelhantes às dos casos 1, 2 e 3 tendem a ser agrupadas pelo grau de relevância conforme proposto a seguir: Grupo 1: (Alta relevância): “Análise e definição das diretrizes de traçado”, “Topografia”, “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2”, “Infraestrutura”, “Estudos e seleção de alternativas técnicas (Trade-offs)”, “Projeto geométrico” e “Terraplenagem”. Grupo 2: (Média/Alta relevância): “Pontes”, “Túneis”, “Superestrutura” e “Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico”. Grupo 3: (Média relevância): “Hidrologia”, “Projeto para aquisição de áreas”, “Caracterização geral complementar da região em estudo”, “Interferências”, “Áreas de empréstimos” e “Áreas de disposição de material excedente”. Grupo 4: (Média/baixa relevância): “Edificações e instalações fixas”, “Acessos rodoviários para manutenção”, “Canteiro de obras” e “Telecomunicação e automação”. Grupo 5: (Baixa relevância): “Serviços preliminares” e “Paisagismo e serviços complementares””* e a Diretriz 7 *“Sugere-se que a análise da maturidade do projeto conceitual ao final de FEL-2 deve considerar a aderência dos produtos de engenharia ao planejamento inicial do projeto elaborado focando os recursos e esforços nas atividades de maior relevância”*. O estudo conclui que para projetos ferroviários com características semelhantes às dos casos 1, 2 e 3, as atividades mais críticas são *“Análise e definição das diretrizes de traçado”, “Topografia”, “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2”, “Infraestrutura”, “Estudos e seleção de alternativas técnicas (Trade-offs)”, “Projeto geométrico” e “Terraplenagem”*. Por outro lado, a pesquisa mostrou a importância de, no início de cada projeto, identificar as disciplinas e atividades técnicas e gerenciais que receberão a maior quantidade de recursos e esforços no sentido de obter maior maturidade dos produtos de engenharia ao final da etapa de FEL-2, o que poderá permitir o aumento da assertividade e da previsibilidade dos projetos e, conseqüentemente, poderá contribuir para melhorar as tomadas de decisões sobre a realização dos investimentos nestes empreendimentos de capital.

Palavras-chave: Projetos lineares; Projetos de infraestrutura; Priorização de atividades; Gerenciamento de projetos.

## ABSTRACT

This thesis presents an exploratory study about the activities in conceptual engineering projects for linear projects (or infrastructure projects), specially railways, into the second phase of the methodology Front-End-Loading. Based on the analysis of four different railways, using the multiple case studies, it aimed to identify what activities of engineering could be prioritized considering its impact into the construction costs, into the construction planning and into the conceptual design planning. A survey was conducted to experts using the Delphi methodology to identify what are the most relevant activities to the scope definition in linear projects. From that exploratory research and from the survey, ten guidelines were suggested, of which we mention the Guideline 3: "There are disciplines more relevant, which might be further developed, while the less relevant disciplines might be included into the budget as index from other similar projects", the Guideline 5: "The disciplines of projects with similar nature and characteristics of the cases 1, 2 and 3 tend to be grouped by relevance as the following: Group 1 (Highest relevance): "Preliminary studies of alignments", "Topography", "Geotechnical and Geological studies for conceptual projects (FEL-2)", "Infrastructure", "Trade-offs", "Geometric design" and "Earthwork". Group 2 (Medium/High relevance): "Bridges", "Tunnels", "Superstructure" and "Geological and geotechnical plan for the next phase (basic design – FEL-3)". Group 3 (Medium relevance): "Hydrology", "Land acquisition", "General characterization of the area to be studied", "Interferences", "Borrow material areas", "Areas for material disposal". Group 4 (Medium/Low relevance): "Building and facilities", "Road access for maintenance", "Construction site" and "Telecommunication and automation". Group 5 (Low relevance): "Preliminary services" and "Landscaping and complementary services", and the Guideline 7: "Suggest the analysis of the level of maturity of the conceptual projects in the end of FEL-2 consider the adherence of the products of engineering to the baseline focusing the resources available and efforts to the disciplines with the highest relevance". The study concludes that for railway projects with similar characteristics to the cases 1, 2 and 3, the most critical ones are "Alignment analysis and definition of directions", "Topography survey", "Geological and geotechnical studies for conceptual projects in FEL-2", "Infrastructure", "Studies and definition of technical solutions (Trade-offs)", "Geometric design" and "Earthwork". On the other hand the research showed the importance of, in the beginning of each project, to identify the disciplines and the technical and management activities which will receive most part of resources and efforts to gain more maturity of the engineering products in the end of FEL-2 phase. This will may afford the increase of assertiveness and predictability of projects and, consequently, it will may contribute to improve the decision making process about go or don't go for these enterprises.

Keywords: Linear projects; Infrastructures projects; Activities prioritization; Project management.

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 3.1 – Definição de escopo resumida das disciplinas _____	42
Tabela 5.1 – Descrição dos casos estudados _____	54
Tabela 5.2 – Relevância das disciplinas nos casos estudados _____	78
Tabela 5.3 – Disciplinas ordenadas conforme sua relevância _____	81
Tabela 6.1 – Numeração das disciplinas na Figura 6.8 e na Figura 6.9 _____	94
Tabela 6.2 – Numeração das disciplinas na Figura 6.11 e na Figura 6.12 _____	98
Tabela 6.3 – Grau de concordância com as afirmativas 15 a 22 do questionário ____	99
Tabela 6.4 – Numeração das disciplinas mostradas na Figura 6.16 _____	106
Tabela 6.5 – Numeração das disciplinas mostradas na Figura 6.17 e Figura 6.18	108
Tabela 7.1 – Comparação das notas de relevância considerando o estudo de casos e a aplicação do Delphi _____	115
Tabela 7.2 – Lista das diretrizes sugeridas para desenvolvimento de projetos lineares _____	117

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 3.1 – Disciplinas de um projeto de capital _____	22
Figura 3.2 - Metodologia FEL _____	32
Figura 3.3 – Sequência de execução de uma pesquisa Delphi _____	42
Figura 4.1 – Fluxograma com as etapas da pesquisa _____	46
Figura 5.1 – Layout do empreendimento 1 contendo os casos 1, 2 e 3 _____	58
Figura 5.2 – Layout da ferrovia que contempla o caso 4 _____	61
Figura 5.3 – Estimativa dos custos de construção por disciplina _____	64
Figura 5.4 – Custos preliminar de construção – Caso 1 _____	65
Figura 5.5 – Custos preliminar de construção – Caso 2 _____	66
Figura 5.6 – Custos preliminar de construção – Caso 3 _____	66
Figura 5.7 – Custos preliminar de construção – Caso 4 _____	67
Figura 6.1 – Nacionalidade dos participantes _____	86
Figura 6.2 – Formação em nível de graduação dos participantes _____	87
Figura 6.3 – Grau de instrução dos participantes _____	88
Figura 6.4 – Experiência em projetos lineares _____	89
Figura 6.5 – Experiência dos participantes por tipos de projetos lineares _____	90
Figura 6.6 – Experiência dos participantes por campo de atuação _____	91
Figura 6.7 – Experiência dos participantes na metodologia FEL _____	92
Figura 6.8 – Percentual de participantes que consideram cada disciplina entre as 5 mais relevantes _____	93

- Figura 6.9 – Percentual de participantes que consideram cada disciplina entre as 5 mais relevantes em ordem decrescente de disciplinas \_\_\_\_\_ 93
- Figura 6.10 – Aspectos considerados para determinar as disciplinas mais relevantes 95
- Figura 6.11 – Média das notas de importância atribuídas às disciplinas pelos participantes \_\_\_\_\_ 97
- Figura 6.12 – Média das notas de importância atribuídas às disciplinas pelos participantes em ordem decrescente de disciplinas \_\_\_\_\_ 97
- Figura 6.13 – Grau de concordância dos participantes com as afirmativas 15 a 22 100
- Figura 6.14 – Disciplinas listadas na pergunta anterior que os participantes não considerariam entre as mais importantes \_\_\_\_\_ 104
- Figura 6.15 – Aspectos considerados para determinar as disciplinas mais relevantes 105
- Figura 6.16 – 2 disciplinas mais relevantes segundo os participantes da 2ª rodada 106
- Figura 6.17 – Disciplinas que os participantes da 2ª rodada incluiriam entre as mais importantes apontadas na 1ª rodada \_\_\_\_\_ 107
- Figura 6.18 – Disciplinas que os participantes da 2ª rodada incluiriam entre as mais importantes apontadas na 1ª rodada em ordem decrescente de disciplinas \_\_\_\_ 108

## SUMÁRIO

RESUMO _____	VII
ABSTRACT _____	VIII
LISTA DE TABELAS _____	IX
LISTA DE ILUSTRAÇÕES _____	X
1 INTRODUÇÃO _____	14
2 OBJETIVOS DO TRABALHO _____	20
2.1 Objetivo geral _____	20
2.2 Objetivos específicos _____	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA _____	21
3.1 Métodos de pesquisa _____	24
3.2 Projetos ferroviários _____	25
3.3 Metodologia <i>Front-End-Loading</i> (FEL) _____	31
3.4 Técnica Delphi _____	40
3.5 Síntese da revisão bibliográfica _____	42
4 MÉTODO DE PESQUISA _____	45
5 ESTUDO DE CASOS _____	53
5.1 Caracterização dos empreendimentos _____	54
5.2 Levantamento dos dados disponíveis _____	61
5.3 Análise dos dados _____	63
5.4 Análise crítica dos casos estudados _____	76
5.5 Diretrizes para os estudos conceituais em projetos lineares relacionadas ao estudo de casos _____	82
6 CONTRIBUIÇÃO DE ESPECIALISTAS PARA A PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES DE CONCEPÇÃO DE PROJETOS LINEARES _____	84
6.1 Formatação, comunicação e convite aos profissionais _____	85
6.2 Respostas ao questionário da primeira rodada _____	85
6.3 Respostas ao questionário da segunda rodada _____	103

	xiii
7 ANÁLISE CRUZADA _____	111
8 CONCLUSÃO _____	120
8.1 Diretrizes para priorização de atividades em projetos lineares _____	121
8.2 Sugestões para trabalhos futuros _____	123
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	125

Anexo 1 – Análise dos documentos disponíveis para fonte dos dados

Anexo 2 – Formulário de pesquisa para a 1ª rodada de perguntas e respostas

Anexo 3 – Formulário de pesquisa para a 2ª rodada de perguntas e respostas

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado volta sua atenção para os chamados “projetos de capital”, que são caracterizados, entre outros fatores, pelo seu alto custo e complexidade. Isso se deve ao fato de haver, em maior ou menor medida, de acordo com o nicho de mercado e situação econômica, um maior investimento em projetos como os de mineração, energia, petróleo e gás, etc., bem como pela necessidade que as empresas têm de melhorar as formas de gerenciamento desses projetos, reduzindo riscos e garantido a maximização do retorno de seu portfólio de projetos.

Além dos investimentos do setor privado observa-se, atualmente, especialmente no Brasil, o aumento do aporte de investimentos públicos em projetos lineares.

Programas governamentais, como o Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), visam realizar o investimento na construção de infraestrutura logística e de suprimento de condições básicas para a população brasileira por meio da construção de empreendimentos rodoviários, ferroviários, geração e transmissão de energia elétrica, saneamento básico, mobilidade urbana, dentre outros.

O aumento da demanda por investimentos de grande porte gera a necessidade de que tais recursos sejam bem geridos, de forma que a aplicação dos recursos disponíveis seja a mais eficiente possível. Isso visando agregar maior qualidade e competitividade aos empreendimentos quando em operação e maximizando o retorno aos seus interessados.

Para que isso aconteça de maneira eficiente é importante que as decisões sobre a continuidade e realização desses investimentos sejam tomadas com celeridade e qualidade, o que pode ser obtido com a execução de estratégia de desenvolvimento de produtos adequada para cada empreendimento.

Nesse contexto inserem-se os projetos lineares, em alguns casos identificados como projetos de infraestrutura. Considera-se no presente estudo projetos lineares aqueles que possuem uma extensão que abranja várias comunidades, bairros, municípios, estados ou países. São exemplos de projetos lineares as ferrovias, rodovias, minerodutos, adutoras, interceptores de esgoto, gasodutos, linhas de transmissão, dentre outros.

Os projetos lineares são diversos, com níveis de complexidade diferentes e com variação de relevância das disciplinas em função das características do empreendimento, das ocorrências físicas e das ocorrências socioambientais ao longo do seu trajeto.

Várias metodologias de projeto são usadas no sentido de organizar e direcionar o processo de amadurecimento dos estudos para avaliar a qualidade dos investimentos em termos de viabilidade técnica e econômica, sendo que uma das metodologias largamente adotadas pela indústria é o *Front-End-Loading* (FEL), a qual será abordada ao longo do trabalho.

No que diz respeito à aplicação desses métodos no gerenciamento dos projetos de grande porte, torna-se necessário que os mesmos sejam adaptados à realidade de cada projeto, o que implica em definir os produtos e atividades de cada fase, bem como quais atividades a serem desenvolvidas na concepção da engenharia.

A metodologia FEL implica em três etapas (1. Análise de investimento ou definição do estudo de viabilidade do negócio, 2. Seleção da alternativa de engenharia ou definição do escopo a ser executado e 3. Definição dos projetos ou desenvolvimento dos projetos básicos), e as atividades desenvolvidas em cada etapa, bem como as ferramentas técnicas e gerenciais para o desenvolvimento da etapa de concepção devem variar de empreendimento para empreendimento, em função do porte, ou grau de complexidade, ou tipo de projeto.

Por isso, métodos como o FEL precisam ser trabalhados de forma a torná-los coerentes com a realidade de cada empreendimento. Isso não significa modificar a estrutura geral da metodologia, que continuará apresentando três fases, mas pode implicar em um maior ou menor número de atividades de desenvolvimento do projeto em cada etapa, bem como pode implicar em dar maior ou menor atenção a um determinado requisito de projeto.

Desenvolver a engenharia conceitual respeitando as particularidades de cada projeto tende a aumentar a segurança na tomada das decisões e, conseqüentemente melhorar a assertividade nos investimentos a serem realizados, o que torna o tema relevante para a indústria de uma forma geral.

Atualmente os agentes de mercado não têm disponíveis, pelo menos na realidade brasileira, ferramentas para auxiliar no diagnóstico e na definição de ações para tratar os casos específicos, auxiliando no direcionamento dos recursos para as questões mais relevantes do projeto.

Isso faz com que as contratações de projetos conceituais de ferrovias sejam feitas utilizando documentação genérica, sem foco nos problemas específicos de cada caso, causando prejuízo à qualidade dos estudos e à tomada das decisões, além de dificultarem a relação contratado x contratante em função dos diversos problemas encontrados durante o desenvolvimento dos trabalhos.

Song (2011) cita que as teorias e melhores práticas de gerenciamento focam no triângulo de restrições do gerenciamento que são o tempo, o orçamento e o escopo, o que tem provado grande valor e sucesso ao ajudar os empreendedores em reconhecer, planejar e executar as atividades de projetos.

Contudo, os modelos propostos são focados apenas em resultados objetivos e tem sofrido com a falta de interação com algumas variáveis subjetivas, causando problemas ao gerenciamento dos projetos (Song, 2011).

A maioria dos esforços ainda sofre da mesma causa raiz do modelo original: a concepção mecânica do gerenciamento de projeto lidando com fatos objetivos (ex.: cronograma e orçamento) de um lado e matérias subjetivas (ex.: patrocinadores e usuários) de outro lado. (Song, 2011).

Segundo Song (2011) há muita literatura em ambos os aspectos citados acima, mas muito pouco os integrando de forma coerente. O mesmo autor descreve que em sua experiência, a falta de integração entre os aspectos objetivos e subjetivos de gerenciamento de projetos tornou-se o risco mais crítico de sucesso do projeto e a maior oportunidade de avanço da profissão.

Comparando fatores objetivos versus fatores subjetivos o presente estudo trás à tona a necessidade de abordagem de análise dos riscos associados a todo o ambiente onde o empreendimento será construído para se definir as ações necessárias para o desenvolvimento da engenharia conceitual na segunda fase do *Front-End-Loading*, correspondente a elaboração de alternativas para o projeto conceitual dos empreendimentos e a seleção da alternativa mais viável.

A colocação de Song (2011) nos leva a questionar o desenvolvimento de projetos utilizando especificações e documentação de contratações genéricas e o uso de técnicas de *benchmarking* para definir os objetivos de projetos.

Sendo assim, coloca-se uma questão: a necessidade de considerar cada projeto individualmente e, com base nisso, definir as atividades que devem ser priorizadas em termos de desenvolvimento da engenharia conceitual.

Dessa forma a avaliação dos projetos de engenharia também passa a ser questionada e sugere-se que esta avaliação seja feita buscando os pontos importantes de cada projeto. Essa abordagem possibilitaria uma avaliação fiel do projeto e permitiria focar todos os esforços no objetivo da engenharia de desenvolver soluções com o menor custo e tempo de implantação e com a melhor qualidade de operação.

Levando em conta a necessidade de aumentar a qualidade e a previsibilidade de seus empreendimentos, o desenvolvimento de métodos para determinação de atividades prioritárias na fase de concepção também tem interesse acadêmico, até porque poucos trabalhos foram desenvolvidos até o presente momento, como afirmado pelo autor supracitado (2011).

O presente trabalho se enquadra na linha de pesquisa em **Gestão de Empreendimentos da Construção Civil** do curso de pós-graduação em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, especificamente no projeto de pesquisa **Contribuição ao Estudo da Gestão do Processo de Projeto em Empreendimentos de Construção Civil e Empreendimentos de Capital**.

Ressalta-se que apesar de o trabalho focar em um estudo de caso de projetos ferroviários, do ponto de vista acadêmico, o mesmo eventualmente poderá dar subsídios para a priorização de atividades em projetos complexos de outra natureza como é o caso de edificações complexas.

Nesse contexto, pode ser definida a seguinte hipótese de trabalho:

- Projetos lineares devem ser considerados casos específicos, para os quais devem ser definidas as disciplinas de projeto e atividades técnicas e gerenciais que terão maior relevância e, conseqüentemente, maior quantidade

de recursos e esforços direcionados para suas atividades de análise de viabilidade, concepção e planejamento da execução.

O projeto de pesquisa parte de observações a respeito do processo de concepção e seleção das alternativas de projeto no método *Front-End-Loading*. Assumem-se como condições de trabalho:

- a) Para cada natureza de projetos lineares, existem características específicas que diferenciam uns dos outros, o que significa, por exemplo, que em projetos ferroviários há aqueles com grande extensão e pouca ocorrência de obras de arte especiais enquanto que há aqueles com pequena extensão e com a ocorrência significativa de obras de arte especiais.
- b) Assume-se, como suposição a ser comprovada, que não há como estabelecer regras que comportem toda a variedade de projetos lineares ou mesmo de projetos ferroviários, ou seja, para cada projeto deve-se desenvolver uma análise criteriosa antes da elaboração do planejamento e contratação dos serviços para os projetos.

O presente trabalho pretende fazer um estudo prospectivo e diagnóstico sobre quais são as atividades de engenharia da segunda etapa do *Front-End-Loading* que precisam ser mais aprofundadas, ter seu escopo bem definido e executado, por serem mais relevantes ao desempenho do projeto.

A questão se verifica, justamente, pelo fato de que a falta de mecanismos de priorização de atividades durante o desenvolvimento das alternativas de projeto conceitual pode fazer com que sejam alocados desnecessariamente recursos humanos e técnicos em atividades que tenham pouco impacto no desempenho global do projeto e, ao revés, não sejam suficientemente valorizadas atividades que possam ser críticas.

O presente trabalho visa contribuir para a simplificação do processo de gerenciamento do projeto por meio de identificar quais as disciplinas mais críticas e propõe que os recursos humanos, financeiros e materiais sejam direcionados para aumentar a qualidade dos produtos de estimativas de custos e prazos dos projetos.

A identificação das atividades mais relevantes no início do projeto conceitual de grandes empreendimentos possibilita que os recursos humanos, materiais e financeiros sejam focados para aumentar a qualidade dos produtos de engenharia que tem impacto nos principais pontos de tomada de decisão ao final do portão de FEL-2, os quais são os custos e prazo de construção, bem como o prazo de desenvolvimento do projeto.

Esses aspectos já são classicamente citados na literatura como relevantes para o sucesso de um empreendimento, compondo a chamada “tríade de ferro”.

Aspectos relacionados às dificuldades do desenvolvimento do projeto conceitual e construção dos empreendimentos lineares como, por exemplo, restrições socioambientais, dificuldades de obtenção de dados e levantamentos de campo também devem ser levado em consideração na priorização de disciplinas, contudo eles não são escopo da análise do presente trabalho, o qual é restrito à

análise em relação aos custos de construção e prazos de desenvolvimento da engenharia conceitual e construção como mencionado no parágrafo anterior.

A priorização de atividades poderá trazer ganhos à gestão do projeto conceitual e à tomada de decisão ao final do FEL-2, pois se supõe que isso demandará menos recursos financeiros e menor tempo direcionados para a etapa de projetos, ao mesmo tempo em que a qualidade do produto final visto de forma global seja melhorada, aumentando a assertividade das tomadas de decisão ao final desta etapa.

Isso significa que as disciplinas com maior impacto em termos de custos e prazo de construção ou as que possam oferecer altos riscos para a etapa de construção sejam aprofundadas ainda no projeto conceitual, atingindo um nível de projeto básico ou mais maduro em alguns casos.

Já as disciplinas menos relevantes poderiam ter seus produtos de engenharia ao final da etapa de FEL-2 entregues, por exemplo, no nível esperado para o final de FEL-1 (Engenharia baseada em índices), pois se espera que as mesmas não sejam relevantes em termos de custos, prazos e riscos para a etapa de construção e operação do empreendimento.

Por outro lado o desenvolvimento dos projetos conceituais de engenharia sem priorizar as atividades mais relevantes tende a distribuir os recursos humanos, materiais e financeiros de forma ineficiente entre todas as disciplinas, levando a obter, ao final da etapa, produtos aprofundados de disciplinas que não terão grande impacto na tomada de decisão.

Não priorizar as atividades de engenharia nesta etapa pode significar desperdiçar recursos desnecessários para a tomada de decisão para empreendimentos que não terão sequência ou até mesmo, em função de não se obter um nível de amadurecimento avançado para as disciplinas críticas, dar sequência a empreendimentos que podem não ser viáveis do ponto de vista técnico ou econômico.

É importante ainda observar que projetos de natureza ou características distintas podem ter grande variação entre os fatores que tornam certas atividades mais críticas, o que será demonstrado nas seções 5.3 e 5.4 do presente trabalho.

O trabalho visa entender quais foram as atividades críticas nos casos estudados e comparar, com base nas respostas aos questionários aplicados, se há uma tendência de o comportamento esperado e observado das disciplinas se repetir para projetos lineares de diversas naturezas e características.

O trabalho propõe, com base na análise realizada nos casos e a partir do parecer de especialistas – como será indicado na metodologia de pesquisa - diretrizes para definição de escopo de projetos lineares conceituais na etapa de FEL-2, além de aplicar questionário para avaliar a aderência da análise ao conhecimento e experiência de profissionais ligados a projetos lineares.

O presente trabalho apresenta, em seu segundo capítulo, uma revisão bibliográfica dos temas projetos ferroviários e metodologia *Front-End-Loading* (FEL), o que será a base para a análise dos casos estudados.

No capítulo 4 apresenta-se a metodologia de pesquisa, que compreende o estudo de caso e a aplicação de questionário a profissionais com experiência e conhecimento no desenvolvimento e execução de projetos lineares.

Em seguida é realizado o estudo dos casos envolvendo cinco ferrovias separadas em dois casos. Nessa etapa as disciplinas são observadas em termos de custos de construção, impacto no caminho crítico da construção e impacto no caminho crítico do desenvolvimento da engenharia conceitual.

O capítulo 6 compreende a aplicação de questionário sobre o tema do trabalho para avaliar a aderência da análise dos casos estudados ao conhecimento e experiência dos profissionais que atuam em projetos lineares com experiência na metodologia FEL.

Por último é realizada a análise global do trabalho comparando os resultados observados nos capítulos 5 e 6 .

## **2 OBJETIVOS DO TRABALHO**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo do presente trabalho é proporcionar subsídios para melhorar a definição de escopo para o desenvolvimento de projetos lineares na etapa de projeto conceitual, especificamente na segunda etapa da metodologia do *Front-End-Loading*, realizando um estudo diagnóstico exploratório sobre quais atividades podem ser mais relevantes para o sucesso desses projetos.

O objetivo é, portanto, por meio de casos, fazer um estudo exploratório, preliminar, sobre atividades prioritárias e, com base nisso entender:

- Como essas atividades podem variar em projetos lineares diversos;
- Avaliar se há disciplinas e atividades que tendem a ser relevantes na maioria dos projetos lineares, merecendo estudos mais aprofundados;
- Se é possível estabelecer algumas diretrizes mais gerais que deem apoio a futuros casos.

### **2.2 Objetivos específicos**

Como objetivos específicos buscam-se avaliar em estudos de casos:

- Quais as disciplinas são mais relevantes em termos de custos de construção, impacto no caminho crítico do prazo de implantação e impacto no caminho crítico no prazo de desenvolvimento dos projetos.
- Se há alguma tendência de uniformidade de relevância das disciplinas para projetos com características diferentes.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tem crescido, tanto em grandes empresas, como no ambiente acadêmico o interesse pelo estudo de formas de concepção de grandes empreendimentos, os chamados projetos de capital, quer seja pela sua elevada complexidade, quer seja pelo contexto do país, no qual mega empreendimentos estão na ordem do dia.

Entre os projetos de capital destacam-se, em termos de complexidade, os chamados “projetos lineares”, empreendimentos que ocupam grandes extensões, como é o caso de ferrovias, rodovias, minerodutos, linhas de transmissão, dentre outros. Para além do elevado volume de investimentos e complexidade das próprias soluções técnicas, empreendimentos como os citados podem ter seus riscos de êxito agravados por aspectos como impacto ambiental e social, dificuldades de ordem geológica e presença de acidentes geográficos.

Os investimentos em projetos lineares geralmente estão ligados a projetos de soluções logísticas para viabilizar o transporte de um bem até um ponto de distribuição ou ao consumidor final. Estes empreendimentos são fundamentais para a estratégia de tomada de decisão em um programa tendo em vista que geralmente são de alta complexidade, exigem grande montante de investimentos e agregam competitividade.

Song (2011) cita que as teorias e melhores práticas de gerenciamento focam no triângulo de restrições do gerenciamento que são o tempo, o orçamento e o escopo, o que tem provado grande valor e sucesso ao ajudar os empreendedores em reconhecer, planejar e executar as atividades de projetos.

Contudo, os modelos propostos focados apenas em resultados objetivos têm sofrido com a falta de interação com algumas variáveis subjetivas, causando problemas ao gerenciamento (Song, 2011).

A maioria dos esforços ainda sofre da mesma causa raiz do modelo original: a concepção mecânica do gerenciamento de projeto lidando com fatos objetivos (ex.: cronograma e orçamento) de um lado e matérias subjetivas (ex.: patrocinadores e usuários) de outro lado. (Song, 2011).

Segundo Song (2011) há muita literatura em ambos os aspectos citados acima, mas muito pouco os integrando de forma coerente. Song (2011) descreve que em sua experiência, a falta de integração entre os aspectos objetivos e subjetivos de gerenciamento de projetos tornou-se o único risco mais crítico de sucesso do projeto e a maior oportunidade avanço da profissão.

Senço (2008) define que um projeto é composto, além de plantas, planilhas e relatórios, por “estudos visando analisar a sua viabilidade econômica e a sua colocação numa escala de prioridade e, além disso, em uma última análise, garantir os recursos indispensáveis à sua realização”.

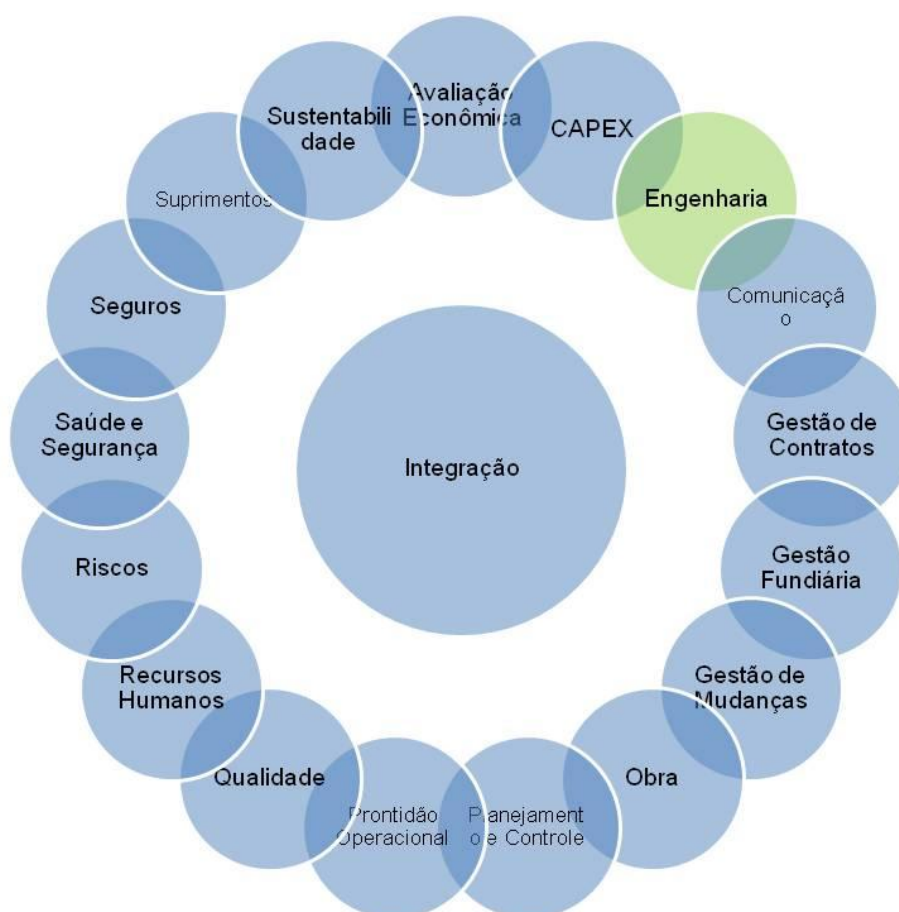
Segundo Lang (2007), “após um investimento ter sua viabilidade técnica aprovada, passa por uma análise que irá definir seu mérito econômico, financeiro e social”. Buarque (1986) descreve esses méritos da seguinte maneira:

A avaliação financeira determina o mérito do projeto do ponto de vista do empresário; a avaliação econômica engloba os impactos do projeto para a sociedade como um todo e a avaliação social incorpora o ponto de vista da distribuição de renda e das consequências do projeto sobre a renda social (Buarque, 1986, apud LANG, 2007 p. 72).

Neste contexto, para projetos de capital, o *Independent Project Analysis* (IPA) difundiu o uso da metodologia *Front-End-Loading* como técnica para desenvolvimento de atividades que subsidiarão tomadas de decisões ao longo do desenvolvimento dos estudos de engenharia e todas as outras disciplinas relacionadas a um empreendimento.

Um projeto envolve diversas disciplinas as quais impactam diretamente na análise econômica, sendo a engenharia parte dos estudos a serem integrados conforme mostrado na Figura 3.1, na qual a disciplina de engenharia encontra-se destacada por ser o objeto de discussão do presente trabalho.

**Figura 3.1 – Disciplinas de um projeto de capital**



Fonte: Vale S.A., 2011

Apesar de ser parte do conteúdo do projeto a Engenharia tem papel fundamental e impacto direto em todas as demais disciplinas envolvidas e, portanto, é grande o interesse em aumentar a qualidade e a velocidade do seu desenvolvimento, especialmente na etapa de FEL-2.

Para que um projeto seja completamente viável é necessário que ele seja tecnicamente exequível, economicamente recomendável e financeiramente realizável (Senço, 2008).

Senço (2008) destaca que para um projeto ser tecnicamente exequível o mesmo deverá atender às normas técnicas vigentes, eliminando qualquer obstáculo intransponível.

Para um projeto atender à condição de economicamente recomendável Senço (2008) cita a necessidade de estudos econômicos baseados em critérios como índice de rentabilidade e estudos de custo-benefício, enquanto que Lang (2007) descreve que geralmente a análise da viabilidade econômica de projetos é definida em termos de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

Faz-se necessário para um projeto tornar-se financeiramente realizável que todos os recursos exigidos estejam disponíveis em sua fonte, seja ela orçamentos públicos ou financiamentos internos e externos (Senço, 2008).

Muitos trabalhos na literatura apontam como critérios para avaliar o sucesso de projetos o que é chamado o "triângulo de ferro": custo do projeto, prazo de execução e qualidade dos resultados obtidos, ou consecução do escopo do projeto. Veja-se, por exemplo, Slack *et al* (2010), que apontam esses três fatores como os critérios mais gerais de desempenho de projetos.

Na mesma linha de raciocínio, Jhan e Iyer (2007 ) apresentam uma revisão da literatura apontando critérios de desempenho de projetos e quais são os fatores críticos de seu desempenho. Em conformidade com o indicado acima, comentam que os parâmetros do "triângulo de ferro" continuam a serem os critérios mais adequados para definirem o sucesso de um empreendimento, critérios esses que podem ser desdobrados em outros fatores, tais como performance técnica ou eficiência na execução.

Resultados similares são apresentados por Dimitriou *et al.* (2013), que concluem em seu estudo sobre a dependência do sucesso dos projetos em relação ao quão bem seus riscos, incertezas e complexidades são endereçados durante as tomadas de decisão. Estes autores também ressaltam a necessidade de uma mudança dramática na condução de megaprojetos em relação à forma que os mesmos são posicionados, formatados, planejados e julgados.

Giezen (2011) cita que tem sido uma tendência natural nos trabalhos acadêmicos ter uma visão negativa dos projetos de infraestrutura, os quais são tratados neste trabalho como projetos lineares. Giezen (2011) descreve que eles custam muito caro, levam muito tempo para serem concluídos e não entregam o que foi prometido aos seus patrocinadores.

O autor descreve ainda que manter o projeto simples é a chave para o sucesso em termos de atingir os custos e os prazos planejados e, manter a simplicidade significa reduzir a complexidade por meio de reduzir as incertezas e as variáveis do projeto a serem gerenciadas.

Vidal *et al.* (2011) estabelece que “a complexidade do projeto é a propriedade do projeto que o torna difícil de entender, prever e manter seu comportamento sobre controle, mesmo quando se detém informações completas sobre o sistema do projeto.”

Segundo Giezen (2011) reduzir a complexidade significa que há poucas variáveis desconhecidas e a serem definidas, e então o projeto e seu planejamento se tornam mais fáceis de gerir.

Mega projetos geralmente estão em uma posição política especial. Eles exigem uma grande quantidade de investimentos financeiros e de recursos humanos, e são frequentemente parte de um processo político cheio de cobranças (Giezen, 2011).

Flyvbjerg *et al.* (2003) e Altshuler e Luberoff (2003) descrevem que mega projetos têm tido um mal desempenho em termos de orçamentos e cronogramas. O aumento de custos acontece em quase noventa por cento dos projetos com um aumento médio de custos de 28% (Flyvbjerg *et al.*, 2003). O aumento de custos tem crescido significativamente apesar das melhorias tecnológicas da construção e das técnicas de gerenciamento (Altshuler e Luberoff, 2003).

Segundo Giezen (2011) não há artigos suficientes relacionando os atrasos em grandes projetos ao aumento de custos, contudo há uma forte relação entre estes aspectos.

Custos e o tempo impactam significativamente as estimativas e os resultados práticos do projeto e, portanto, faz sentido buscar a acurácia das estimativas de custos e prazos em projetos (Bruzelius *et al.*, 2002).

A revisão bibliográfica sobre projetos ferroviários e metodologia FEL apresenta conceitos importantes para a discussão que será realizada neste trabalho.

### **3.1 Métodos de pesquisa**

Com base em Silva e Menezes (2001) e Gil (1991) podemos classificar as pesquisas por sua natureza, pela forma de abordagem do problema e pelos seus objetivos.

Quando classificada por sua natureza a pesquisa pode ser básica, com o propósito de gerar novos conhecimentos úteis sem aplicação na prática, ou aplicada, com o propósito de gerar conhecimentos aplicados à prática.

Em relação à forma de abordagem do problema a pesquisa pode ser quantitativa, quando tudo na pesquisa pode ser quantificável, ou qualitativa, quando há uma relação entre o mundo real e o objeto de estudo, mas devido à subjetividade do objeto, não é possível quantificar o mesmo.

A classificação da pesquisa pelos seus objetivos pode ser exploratória, quando se visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses (em geral, Pesquisas bibliográficas e Estudos de caso); descritiva, quando se visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relação entre variáveis (em geral,

a forma de Levantamento); ou explicativa, quando se visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos (em geral, Pesquisa experimental e Pesquisa *Ex-Post-Facto*, quando os fatos são espontâneos e não provocados pelo pesquisador).

Em relação às classificações propostas por Silva e Menezes (2001) e Gil (1991) o presente trabalho se enquadra como uma pesquisa aplicada, com abordagem do problema de forma qualitativa e com objetivos exploratórios.

Segundo Miguel (2007) a metodologia de pesquisa no campo da engenharia de produção pode ter os seguintes tipos de abordagem:

- Desenvolvimento teórico-conceitual: envolve principalmente modelagens conceituais que resultam em novas teorias (Miguel, 2007).
- Estudo de caso: análise aprofundada de um ou mais objetos (casos) com o objetivo de se obter um conhecimento aprofundado sobre um determinado problema (Gil, 1996; Berto; Nakano, 2000; Mattar, 1996 apud MIGUEL, 2007).
- Levantamentos tipo survey: contribuir para o conhecimento em uma área particular de interesse por meio da coleta de informações sobre indivíduos ou sobre os ambientes desses indivíduos (Forza, 2002 apud MIGUEL, 2007).
- Modelamento e Simulação: compreende o uso de técnicas matemáticas para descrever o funcionamento de um sistema ou parte de um sistema produtivo (Berto; Nakano, 2000 apud MIGUEL, 2007).
- Pesquisa-ação: é um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (Thiollent, 1997 apud MIGUEL, 2007).
- Pesquisa bibliográfica/revisão da literatura: atividade que permite conhecer um universo amplo do campo de inserção da pesquisa.
- Pesquisas experimentais: tratam de um estudo sobre a relação causal entre duas ou mais variáveis de um sistema sob condições controladas pelo pesquisador, geralmente conduzidas em laboratórios (Miguel, 2007).

O estudo de caso é de natureza empírica e investiga algum fenômeno inserido dentro de um contexto real de vida, buscando conhecer em detalhes os fatos associados a ele (Miguel, 2007).

Yin (2001) descreve que os estudos de caso podem ser classificados conforme:

- Seu conteúdo e objetivo final (exploratórios, explanatórios, ou descritivos) ou;
- Quantidade de casos (caso único – holístico ou incorporado ou casos múltiplos – também categorizados em holísticos ou incorporados).

### **3.2 Projetos ferroviários**

Para que um projeto seja desenvolvido, além de considerar as normas técnicas vigentes, Senço (2008) faz referência aos conceitos intervenientes, os quais lastreiam as normas para que as modalidades de transporte “possam ser

planejadas, projetadas, construídas e operadas visando à melhoria de conforto, segurança, rapidez e economia”.

Segundo Senço (2008) os principais conceitos intervenientes geralmente considerados, no caso dos transportes são:

- Velocidades;
- Volumes;
- Origem e destino;
- Capacidade e nível de serviço;
- Impacto ambiental;
- Classificação e codificação.

As ferrovias podem ser destinadas ao transporte de pessoas, de cargas ou de ambos. Cada tipo de ferrovia possui sua especificidade, podendo variar em função das características do bem transportado.

Conforme observado em Profillidis (2006) e VALEC (2012), os principais estudos para implantação de um empreendimento ferroviário são os estudos de mercado, operacionais e de engenharia, planejamento da operação e da manutenção, os estudos socioambientais e os procedimentos de licenciamento ambiental.

Bonnet (2005) descreve que em estágios iniciais do planejamento da ferrovia a melhor rota deve ser escolhida, o que será determinado em função de restrições técnicas, físicas e socioambientais.

Os produtos dos estudos de engenharia ferroviária na etapa do projeto conceitual abrangem os seguintes itens (Vale S.A., 2012):

- Coleta de dados;
- Caracterização da região em estudo (Geologia, Hidrologia, Uso e Ocupação, etc.);
- Estudo de traçados;
- Desenvolvimento da engenharia conceitual (Caracterização geológico-geotécnica, projetos geométrico, terraplenagem, drenagem, obras de contenção, obras de arte especiais, túneis, superestrutura ferroviária, soluções de interferências, telecomunicação e sinalização, aquisição e desapropriação de terreno com a determinação da faixa de domínio e estimativa de custos);
- Planejamento das atividades para o projeto básico.

Profillidis (2006) descreve que as principais características de uma ferrovia são o transporte de grandes volumes, baixo consumo de energia se comparado ao transporte rodoviário e causam menos impactos ambientais e possui maior segurança operacional se também comparado ao modal rodoviário.

As ferrovias podem ser para transporte de cargas ou de passageiros ou uma combinação dos dois. Profillidis (2006) ainda cita os trens de alta velocidade e de levitação magnética como possíveis formas de transporte especialmente de pessoas.

Segundo Profillidis (2006) alguns exemplos de projetos ferroviários são a construção de uma nova ferrovia, melhoria de vias, um novo pátio de cruzamento ou uma nova instalação fixa, um novo túnel, uma nova ponte, uma nova estação de trem, a eletrificação de uma linha ou a implantação de sistema de sinalização.

Profillidis (2006) propõe o desenvolvimento dos projetos ferroviários em 4 estágios: organização, desenvolvimento, mobilização e execução.

A etapa de organização compreende a definição de premissas e restrições; requisitos e objetivos do gerenciamento, dos custos e do tempo de restrição da infraestrutura; planejamento conceitual; planos de ação, composição das equipes e dos recursos; definição de requisitos físicos e de aprovações; avaliação de custos e estabelecimento de suas consequências; e programa dos trabalhos, fundos e alocação dos recursos.

O desenvolvimento compreende a definição de padrões de projeto e construção a serem adotados, estudos e pesquisas de campo, finalização de estratégias alternativas, procedimentos administrativos e aprovações das autoridades governamentais e não governamentais especificações para compra dos materiais, alocação dos times de projeto às tarefas e preparação das estimativas de custos alvo para os diversos componentes do projeto.

A etapa de mobilização, segundo Profillidis (2006) inclui o plano de suprimentos, padrões de qualidade, cálculo das quantidades dos diversos materiais, controle dos custos e margens de variação esperadas, organização do gerenciamento da obra, convite de proponentes para os diversos serviços e fornecimentos, análise de oferta e resultados das contratações, recomendações e sugestões, estimativa de custos final e fluxo de caixa, conclusão do cronograma da construção, revisão e conclusão do planejamento com base nas propostas dos fornecedores.

O quarto e último estágio, segundo Profillidis (2006), é o de execução e compreende a mobilização das contratadas, eventuais mudanças nos desenhos e métodos executivos em relação às propostas, conclusão dos planos de e instruções de saúde e segurança operacional, instalação de todas as estruturas e procedimentos médicos e de pessoal, controle de qualidade dos materiais no site, gerenciamento, supervisão e apontamento de pessoas, monitoramento e reporte de acompanhamento físico e financeiro, medições e pagamentos, coleta de dados, inspeção e aceitação de entregas parciais, testes e controles de condições operacionais e entrega final do projeto para o gerente de operações.

Profillidis (2006) estabelece em sua obra os seguintes aspectos a serem considerados em um projeto para construção de uma ferrovia:

- Sistema de via permanente;
- Subgreide – Análises geotécnicas e hidrológicas;
- Material rodante;
- Sinalização, segurança e interoperabilidade;
- Impactos ambientais.

O sistema de vias permanente é separado por Profillidis (2006) em Subgreide (base e a sub-base) e em superestrutura, a qual é formada pelos trilhos, dormentes, lastro e sub-lastro. Alguns outros equipamentos compõem a superestrutura como é o caso dos aparelhos de apoio e fixação dos trilhos nos dormentes. Ainda influenciam o projeto a bitola (distância entre os eixos dos trilhos), se a via é em pavimento rígido (concreto) ou flexível (lastro), carga por eixo, espaçamento de dormentes e os fenômenos relacionados ao contato roda-trilho.

Segundo Profillidis (2006) o Subgreide é importante para assegurar que a qualidade da via alcance os padrões de segurança operacional e conforto estabelecidos para a operação da ferrovia. As funções do Subgreide são possibilitar que os trens de passageiros e de carga se desloquem com segurança na velocidade especificada, suportem a carga por eixo máxima dos trens de carga e minimize os custos de manutenção futuros. Estas funções podem ser atingidas limitando o abatimento dos pavimentos, provendo um comportamento mecânico estável sob os esforços imprimidos e garantindo que as condições do Subgreide não deterioreem durante a vida útil do empreendimento.

Profillidis (2006) define o material rodante como um conjunto de partes e dispositivos necessários para movimentar a composição, dos quais são citadas as rodas, eixos, truques, molas, acopladores, dentre outros. As locomotivas podem ser com tração a diesel ou elétricas.

Os sistemas de Sinalização, segurança e interoperabilidade tem o principal objetivo de garantir a segurança operacional (Profillidis, 2006). Pode ser composta por sinalização semafórica ou visual e circuitos de via.

Profillidis (2006) descreve que os principais impactos ambientais associados à operação de uma ferrovia são poluição do ar, aumento do consumo de energia, ocorrência de acidentes, ocupação de terras e paisagismo e redução de congestionamentos em grandes centros urbanos.

Bonnett (2005) cita como disciplinas que podem ser contempladas em um projeto ferroviário:

- Estação ferroviária;
- Material rodante;
- Oficinas e entrepostos;
- Via permanente;
- Terraplenagem, drenagem e vedação/cercamento;
- Pontes e estruturas;
- Túneis;
- Eletrificação;
- Sinalização e controle de trens;
- Sistemas e comunicações;
- Elevadores, escadas rolantes e bombas;
- Ventilação e respiro (*Draught Relief Shafts*).

A disciplina “Estação ferroviária” é aplicável especialmente em projetos de metrô e trens suburbanos. Bonnet (2005) descreve que os principais aspectos a

serem considerados para as estações ferroviárias são boa estética, livre movimentação de passageiros, evacuação segura em caso de emergência, acessibilidade para pessoas com necessidades especiais ou com mobilidade reduzida, acesso para serviços de emergência, acumulação e dispersão segura de multidões, operação confiável dos serviços, capacidade de absorver as falhas e investimentos com boa relação custo – benefício.

Em relação à disciplina Materiais rodantes Bonnet (2005) coloca que hoje em dia há uma grande variedade de material rodante utilizado em diferentes ferrovias ao redor do mundo, incluindo os seguintes tipos básicos: locomotivas, vagões de carga, vagões de passageiros, unidades múltiplas (com tração distribuída na própria unidade), carros de metrô (usualmente múltiplas unidades), trens leves ou bondes (usualmente articulados), máquinas sobre trilhos (escavadeiras, guinchos, etc.) e autos de via para inspeção e manutenção.

Dentro de “Oficinas” deve ser estudado cuidadosamente para cada ferrovia, segundo Bonnet (2005), as diferentes funções e necessidades a serem atendidas com as oficinas, especialmente as oficinas avançadas. O tamanho da frota, a diversidade de estoque e a frequência de manutenções e correções terão impacto direto nos projetos desta disciplina.

Em relação à disciplina “Via permanente” Bonnet (2005) descreve que a maioria das ferrovias tem o material rodante sobre rodas de aço correndo sobre dois trilhos espaçados 1.432 mm (bitola padrão), o qual é suportado por outros materiais que dissipam os esforços até o chão abaixo.

Subgreide é o termo utilizado para o estrato de solo natural ou solo de aterro sobre o qual é construída a via permanente a qual é composta pelo lastro e alguma camada de sub-lastro, o qual está lá para suportar a via, drenar a água abaixo dos dormentes e para distribuir as cargas impostas pelo transporte ferroviário.

Bonnet (2005) cita os seguintes componentes da via permanente: lastro; dormentes; grampos ferroviários, placas de bases e aparelhos de apoio; trilhos; juntas de dilatação; soldas; aparelhos de mudança de via; agulhas; trilhos condutores e componentes; pavimento em concreto.

Bonnet (2005) trata a disciplina de Terraplenagem, drenagem e contenções como projetos interligados que visam aumentar a vida útil da estrutura por onde as cargas das ferrovias serão dissipadas e garantir a segurança operacional das vias relacionada à integridade das obras executadas.

Usualmente, os projetos de terraplenagem visam balancear os volumes de corte e aterro para evitar a necessidade de empréstimo ou disposição de material excedente (Bonnet, 2005).

Porém, o projeto de terraplenagem também tem o objetivo de identificar e destinar para o pavimento material com capacidade de suporte adequado para a carga que será escoada, havendo casos em que se faz necessário substituir o material primitivo.

Bonnet (2005) ainda descreve que o projeto de terraplenagem ainda deve propor a execução de cortes e aterros utilizando material adequado para aumentar a vida útil e segurança dos taludes.

Ainda dentro da disciplina de Terraplenagem, drenagem e contenções Bonnet (2005) descreve que a água subterrânea é um fator vital na estabilidade dos taludes. Tanto em cortes quanto em aterros a água superficial deve ser drenada para canais ou cursos d'água naturais. Nos locais em que a drenagem é bloqueada, a estrutura da terraplenagem irá perder sua capacidade de suporte gradativamente provavelmente resultando em ruptura.

Bonnet (2005) cita em relação à disciplina Pontes e estruturas que as pontes em estruturas metálicas são largamente utilizadas em projetos ferroviários. Além de estruturas metálicas as pontes e as outras estruturas também são construídas em concreto armado ou concreto protendido.

As técnicas de construção dos Túneis dependem de vários fatores. Segundo Bonnet (2005) estes fatores devem considerar as características dos materiais que ocorrem onde o túnel será construído, falhas geológicas, o nível da água subterrânea, qualquer distúrbio que pode ter ocorrido no maciço e estabilizado como, por exemplo, a construção de outro túnel próximo, variação de pressão significativa, além do comprimento e da velocidade requerida para construção do túnel.

Bonnet (2005) propõe eletrificação como uma alternativa para a força motriz das composições. Segundo ele as composições movidas a energia elétrica são mais frequentes em ferrovias onde há densidade de movimento de tráfego suficiente para justificar os altos custos operacionais. "Simplificando, quando há trens suficientes, é mais econômico remover as estações de energia dos motores e, ao invés de manter grandes quantidades, instalar poucas em locais fixos" (Bonnet, 2005).

Os modernos sistemas de Sinalização e controle de trens, segundo Bonnet (2005), têm os seis seguintes objetivos básicos: controlar os trens de forma segura; manter uma distância segura entre trens; prevenir movimentos conflituosos; garantir que pontos estejam bloqueados nas posições corretas; permitir que os trens operem nas marchas exigidas; e permitir que os trens operem na velocidade programada com o mínimo de interrupções com segurança.

Bonnet (2005) trata a disciplina Sistemas de comunicação como a forma de comunicação do empreendimento com seus usuários, seja eles os operadores do sistema que precisarão se comunicar de forma efetiva para executar os serviços de operação e manutenção ou seja o usuário do sistema de transporte que necessita identificar as informações de forma clara e objetiva para usá-las de maneira eficiente.

A disciplina "Elevadores, escadas rolantes e bombas" visa aumentar o conforto e a acessibilidade aos serviços de trens oferecidos. Ela se aplica especificamente a projetos de transporte de pessoas como é o caso de metrô e ocorrem dentro das estações ferroviárias conforme apresentado por Bonnet (2005).

Ventilação e respiro (*Draught Relief Shafts*) deve ser considerada tanto para projetos de estações subterrâneas quanto em projetos de túneis longos em ferrovias com locomotivas a diesel. Bonnet (2005) descreve que nestes casos se faz necessário projetar um sistema de ventilação para garantir a entrada de oxigênio que será utilizado para a combustão dos motores. Nos casos de estações e trens subterrâneos geralmente estes sistemas são necessários para garantir a ambiência dos locais já que os trens são movidos a eletricidade.

### 3.3 Metodologia *Front-End-Loading* (FEL)

Segundo Merrow (2011) o *Front-End-Loading* (FEL) é o principal processo de trabalho das equipes orientadas à análise da viabilidade e desenvolvimento da engenharia preliminar dos empreendimentos, ou seja, das etapas prévias às autorizações para continuidade dos investimentos por parte do empreendedor. O processo de trabalho é tipicamente dividido em fases ou estágios com uma pausa para uma avaliação e decisão sobre como proceder com o empreendimento. Os portões de avaliação devem examinar tanto os aspectos econômicos e de negócios quanto os aspectos técnicos do projeto em um determinado estágio.

Labadessa (2008) define a metodologia FEL como o desenvolvimento da fase inicial de projetos de capital.

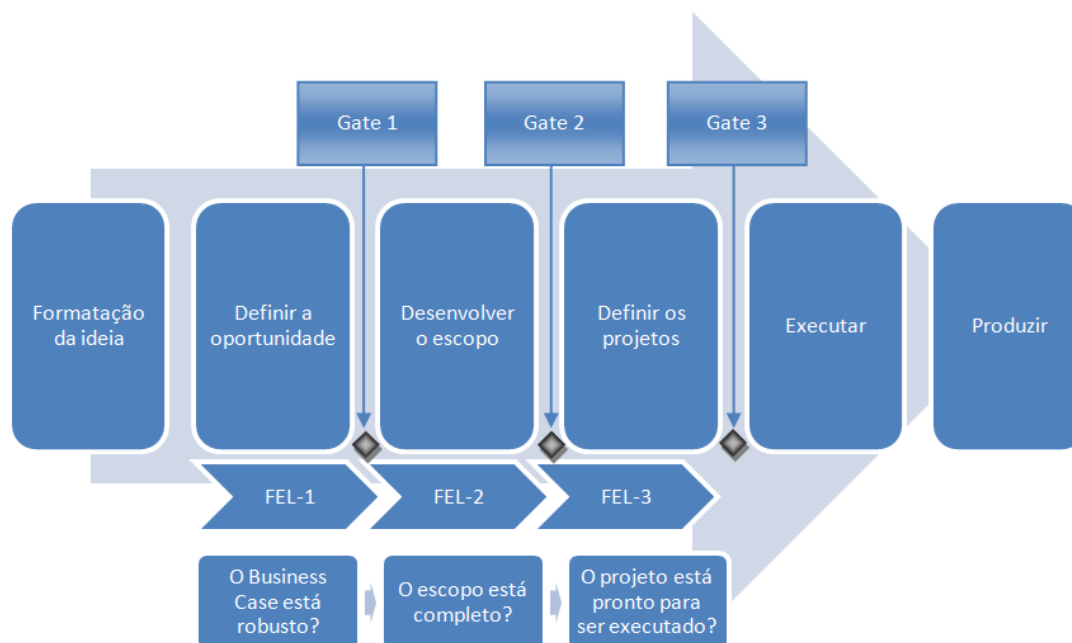
É uma etapa que envolve a análise preliminar do empreendimento e a realização da engenharia básica, que neste modelo, antecede a aprovação final de fundos para implantação do projeto. O objetivo do FEL é gerar um planejamento detalhado com um pacote de engenharia bem definido, que suporte uma decisão de aprovação com mínimas incertezas. (Labadessa, 2008).

Conforme Romero (2010) a metodologia se divide em 3 etapas, as quais são identificadas a seguir em função dos estudos de engenharia:

- FEL-1: estudo de viabilidade técnica e econômica em que, ao final, define-se a oportunidade de investimento;
- FEL-2: projeto conceitual de engenharia em que se define o escopo a ser construído e seleciona a melhor alternativa locacional e tecnológica;
- FEL-3: projeto básico de engenharia em que se realiza o detalhamento do escopo definido em FEL-2.

A evolução dos processos FEL é mostrada na Figura 3.2.

**Figura 3.2 - Metodologia FEL**



Fonte: adaptado de Merrow, 2011

### 3.3.1 FEL-1

Labadessa (2008) descreve que na etapa de FEL-1 o foco é analisar e definir as necessidades de negócio e as atividades são geralmente desenvolvidas pelos patrocinadores e representantes do negócio.

Nesta etapa analisa-se a viabilidade comercial e análise dos custos preliminares para construir e operar o empreendimento e a conclusão dessa fase é caracterizada pela declaração formal dos objetivos do negócio, o que servirá de entrada para o início da fase de FEL-2 (Labadessa, 2008).

Romero e Andery (2011) descrevem que nesta etapa são definidos o escopo e os objetivos do projeto, bem como uma estimativa inicial de investimentos a qual deve estar entre -25% e +40% de precisão. Nesta etapa é feita a análise de viabilidade do negócio com base em indicadores econômicos como taxa de retorno, valor presente líquido, payback, dentre outros.

Esta etapa deve assegurar que as diretrizes para o desenvolvimento do projeto estejam de acordo com as estratégias e objetivos do portfólio de investimentos do empreendedor (Romero e Andery, 2011).

Labadessa (2008) divide a etapa de FEL-1 em 5 estágios, os quais são listados a seguir:

- Estágio 1. Identificar a alta liderança do empreendimento;
- Estágio 2. Alinhamento do empreendimento com a estratégia e prover recursos iniciais;

- Estágio 3. Definir necessidades, capacidades da planta e representantes do time núcleo;
- Estágio 4. Planejamento, elaboração da documentação e avaliações preliminares;
- Estágio 5. Revisão de passagem para FEL2 e provisão de recursos da fase.

### 3.3.2 FEL-2

A etapa de FEL-2 possui o foco em definir as tecnologias e processos de manufatura que melhor atendem às necessidades do negócio levantadas em FEL-1 e geralmente é desenvolvido pela equipe de projeto e tecnologia.

Segundo Labadessa (2008) nesta etapa a equipe de projetos e os especialistas de processo desenvolvem estudos das alternativas de tecnologia e localização identificadas pelo negócio no FEL-1, sendo que o final desta etapa é caracterizado pela opção de uma única alternativa tecnológica e a definição exata do local da construção, além da definição da estratégia de construção.

A fase FEL-2 desenvolve e articula o escopo do projeto para um ponto onde possamos estar seguros que todos os elementos de escopo estão considerados. FEL-2 é a fase mais importante no desenvolvimento de qualquer projeto. (Morrow, 2011, Romero e Andery, 2011).

No início do FEL-2, a tecnologia básica aplicada para o projeto deve ser selecionada caso isso não tenha sido feito anteriormente. O escopo desenvolvido deve ser definido, analisado e validado por todas as outras disciplinas como, por exemplo, em relação às questões ambientais.

O escopo desenvolvido em FEL-2 deve ser compreendido. Toda a parte do escopo (utilidades, infraestrutura, tratamento de esgotos, instalações fixas, relacionamento com comunidades, etc.) deve ser contabilizada.

A avaliação do *Independent Project Analysis* (IPA) para os projetos em FEL-2 é feita, de uma forma geral, com base em fatores locais, status do projeto e plano de execução do projeto (Morrow, 2011).

Segundo texto retirado do site do próprio IPA, o mesmo propõe a abordagem de projetos de capital por meio da simplicidade e efetividade para atingir o sucesso destes empreendimentos. O instituto desenvolveu, detalhou e normalizou uma base de dados que contém informações sobre todo o ciclo de vida de projetos e usa estes dados para desenvolver ferramentas estatísticas importantes que permitem aos seus clientes comparar a performance de projetos em diversas áreas.

Ao final dessa etapa devemos ter todo o processo concluído, toda a definição do escopo e previsões de custos e prazos confiáveis, devendo a precisão estar em torno de -15% a +25%.

Qualquer peça do escopo que não for encontrada e incluída nesta etapa terá dois efeitos negativos no projeto:

- Aumentará a estimativa de custos e possivelmente aumentará o cronograma do projeto quando o escopo omitido for identificado, o que poderá causar sérios problemas aos stakeholders;
- Exigirá uma mudança no projeto em uma época que isso trará grandes transtornos ao projeto.

Conforme descrito por Merrow (2011), ao final dessa etapa a decisão final ainda não será tomada, o que deverá acontecer apenas ao final de FEL-3, contudo, projetos que entram em FEL-3 e são cancelados trazem grandes custos e transtornos para o empreendedor. Isso realça a importância da etapa de FEL-2 no desenvolvimento do projeto.

Labadessa (2008) propõe quatro estágios para o desenvolvimento do FEL-2:

Estágio 1. Início do trabalho do Time de Projeto formado para definição da estratégia do projeto e seleção da tecnologia;

Estágio 2. Planejamento do desenvolvimento do projeto e processo de seleção do local;

Estágio 3. Início dos trabalhos da empresa de engenharia e minimização de resíduos;

Estágio 4. Revisão de passagem para FEL3 e provisão de recursos da fase.

Labadessa (2008) define dentro do Estágio 1 de FEL-2 quatro passos diretamente ligados ao desenvolvimento da engenharia conceitual que são:

- Avaliação e seleção da tecnologia a ser utilizada;
- Seleção da empresa de prestação de serviço de engenharia;
- Preparação da lista mestra das disciplinas requeridas;
- Investigações preliminares das condições do local para as alternativas de localização.

O passo de investigações preliminares das condições do local para as alternativas de localização prevê, segundo Labadessa (2008), a definição dos seguintes parâmetros:

- Volumes de escavação, aterros e recobrimentos;
- Manuseio de reservatórios submersos e fontes de água;
- Análise da remoção e descarte de materiais perigosos conforme legislação local;
- Avaliação de outros aspectos ambientais da área e contaminação de solo, ar e água;
- Avaliação preliminar de exposição da comunidade ao risco;
- Avaliação de dados sísmicos e outros fenômenos naturais;
- Utilidades e requisitos de infraestrutura do local;
- Disponibilidade, custo e produtividade de mão de obra e materiais.

O Estágio 2 prevê em um de seus passos a determinação do conteúdo da documentação de engenharia nas fases de FEL-2 e FEL-3 e no último passo deste estágio está previsto a definição exata do local de construção (Labadessa, 2008).

O Estágio 3 do FEL-2 é onde se encontram a maioria das ações objeto do presente estudo, pois estão ligadas aos trabalhos da empresa de engenharia, foco do estudo de priorização de atividades em projetos lineares.

Segundo Labadessa (2008) este estágio contempla os seguintes passos:

- Início das conversações entre a Equipe do Projeto e Empresa de Engenharia.
- Elaborar o *lay out* preliminar.
- Preparação das especificações sobre tubulação, pintura, isolamento, etc.
- Verificações dos requisitos legais, reguladores, culturais, contratuais e outros relacionados ao local do projeto, como:
  - Interferências com obstruções existentes (avaliação de documentações, escavações de comprovação e ensaios não destrutivos);
  - Sondagens feitas nos locais das fundações principais;
  - Tabela de condutividade da água e solo;
  - Verificação de campo (as-built) para instalações existentes;
  - Inspeção de testes dos equipamentos existentes;
  - Identificações de legislações aplicáveis, licenças requeridas, normas e políticas a serem atendidas.
- Levantamentos das necessidades de manutenção e operabilidade para o projeto.
- Elaboração dos diagramas de tubulação e instrumentação (P&IDs) preliminares. Elaboração de lista de equipamentos.
- Inventário do Impacto Ambiental; aplicação de práticas de valor para Minimização de Impactos Ambientais e início do Sumário das Bases Ambientais do Projeto.

Dos passos relacionados ao Estágio 4 destaca-se a revisão do FEL2 para verificar se todas as tarefas propostas foram adequadamente desenvolvidas. Labadessa (2008) esclarece que o objetivo da revisão do FEL-2 é “verificar se os objetivos do projeto estão bem definidos; se as equipes do projeto estão montadas, e seus participantes estão nomeados; se o conceito de instalação apoiado pelos dados básicos está completo; e se há o esboço de uma estratégia de execução”.

Labadessa (2008) ainda define os seguintes níveis de desenvolvimento das atividades ligadas à engenharia em FEL-2, separando-os em iniciados, preliminares e definitivos:

Requisitos em nível definitivos ao final de FEL-2:

- i. **Processos de Aprovação**
- ii. **Seleção do local**

- iii. **Pesquisa e teste do solo**
- iv. **Estruturas existentes e levantamento topográfico**
- v. **Dados climáticos**
- vi. **Especificações de Engenharia**

Requisitos em nível preliminar ao final de FEL-2:

- P&IDs de Processo e Utilidades
- Considerações de Expansibilidade
- Levantamento de instalações existentes
- Mapa de classificação de áreas
- Revisão de Construtibilidade
- Engenharia de Detalhamento
- Subestações e suprimento de energia elétrica
- Instrumentação
- Diagramas Lógicos
- Diagramas Unifilares do Sistema de Distribuição de Força Elétrica
- Elétrica
- Mecânica
- Tubulação
- Exigências das Tubulações
- Lista de Tie-ins
- Arquitetura
- Civil e Estruturas
- Plantas de Locação (Plot Plan) para todo escopo do projeto
- Estrutura Analítica do Projeto (EAP)
- Lista de documentos e desenhos
- Plano de suprimentos
- Estimativa de Custo
- Cronograma do Projeto
- Plano de Controle do Projeto
- Plano de Engenharia/Construção
- Outros Planos Específicos

Requisitos apenas iniciados ao final de FEL-2:

- Requisitos de Projeto
- Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)
- Pré-Comissionamento de Sequencia de Turnover
- Plano de Startup

Para os requisitos estabelecidos por Labessa (2008) como definitivos ao final de FEL-2 temos os seguintes produtos:

- i. **Processos de Aprovação:**
  - a) Aprovação dos desenhos;

- b) Comentários;
- c) Aprovação;
- d) Propostas para a questão;
- e) Construção;
- f) Revisões da maquete eletrônica;
- g) Durações do ciclo de aprovação compatíveis com a programação;
- h) Responsáveis pela conciliação dos comentários;
- i) Responsáveis por arquivo;
- j) Tipos de desenhos necessários que exigem aprovação formal;
- k) Documentos de aquisição;
- l) Planilhas de dados;
- m) Pedidos;
- n) Tabulações de propostas;
- o) Pedidos de aquisição;
- p) Autoridade para aprovação de mudança;
- q) Informação proveniente dos fornecedores.

## **ii. Seleção do local definitivo**

- a) Relatório de seleção do local exato comparando as alternativas estudadas e os critérios de seleção adotados.

## **iii. Pesquisa e teste do solo definitivo**

- a) Mapa de sondagem de solo no local das principais cargas (recente ou com dados obtidos no máximo há cinco anos);
- b) Dados utilizados no projeto das fundações. Descrição dos tipos de fundação;
- c) Tabela de condutividade da água e solo;
- d) Definição da necessidade de manuseio de reservatórios submersos e outras fontes de água;
- e) Pesquisar obstruções e contaminações subterrâneas;
- f) Marco de controle da coordenada / elevação identificado;
- g) Exigências sísmicas;
- h) Lençóis freáticos;
- i) Índice e condutividade de percolação do solo;
- j) Índices e direções de fluxo de águas subterrâneas;
- k) Usos de águas subterrâneas;
- l) Necessidade de tratamento ou reposição de solo;
- m) Capacidade de rolamento e empilhamento/pilares.

## **iv. Estruturas existentes e levantamento topográfico definitivos**

- a) Mapa topográfico;
- b) Determinar os volumes de escavação, aterros e recobrimentos;
- c) Definir fonte de terra para aterros.

## **v. Dados climáticos definitivos**

- a) Avaliação de dados pluviométricos, condições de ventos, dados sísmicos, e outros agentes climáticos aonde aplicáveis;

b) Dados utilizados no projeto das estruturas.

#### **vi. Especificações de Engenharia definitivas**

- a) Seleção das especificações para equipamentos, tubulação, isolamento, pintura, elétrica, instrumentação, civil e metálica;
- b) Alinhamento das expectativas com o time de projeto.

É possível notar que os autores citados nesta revisão estabelecem quais os produtos devem ser elaborados e gerados ao final da etapa de FEL-2, contudo, não foi possível localizar na literatura, à qual o mestrando teve acesso, discussões sobre qual o nível de detalhamento deve ser atingido, por exemplo, para os requisitos esperados como definitivos ao final da etapa.

Para exemplificar citamos o produto do item c) acima, quando se deve definir as fontes de terra para aterros, contudo, não se discute as ações para determinar o nível de precisão e qualidade do material requerido.

#### **3.3.3 FEL-3**

O FEL-3, por sua vez, segundo Labadessa (2008), foca em completar o planejamento detalhado do projeto de modo a garantir êxito no desenho, na aquisição e na construção definidos em FEL-2 e é usualmente desenvolvido pela equipe de projeto, representantes e contratadas.

Romero e Andery (2011) descrevem que esta etapa de pré-planejamento refina a solução de engenharia selecionada na etapa de FEL-2. A variação de custos esperada ao final do FEL-3 é entre -10% e +10%.

Segundo Labadessa (2008) nesta etapa executa-se o desenvolvimento de uma engenharia básica avançada para a alternativa de tecnologia e local selecionadas ao final de FEL-2. Ao final FEL-3 as incertezas são eliminadas e é gerada a estimativa de custos, o cronograma detalhado e o planejamento da construção.

Labadessa (2008) propõe três estágios para o desenvolvimento do FEL-3:

- Estágio 1. Consolidação do planejamento da empresa de engenharia e fechamento dos fluxogramas;
- Estágio 2. Suprimento de utilidades, fechamento das plantas e planejamento inicial da construção;
- Estágio 3. Desenvolvimento do projeto básico de engenharia e estimativa de FEL3.

#### **3.3.4 Índice de maturidade FEL (FEL-Index)**

Ao final de cada etapa é realizada a análise da maturidade dos projetos como um todo, considerando todas as áreas do conhecimento como, por exemplo, as citadas na Figura 3.1.

Essa análise de maturidade subsidia os líderes de um projeto na tomada de decisão sobre a continuidade, reciclagem ou paralisação dos investimentos em um projeto e é representada por um índice que mede o desempenho do projeto.

São relacionados diversos itens e a eles é atribuído uma escala de 1 (maior maturidade) a 4 (menor maturidade), sendo que o índice final do projeto é uma média ponderada dos itens em relação a fatores locais, definição da engenharia e plano de execução do projeto (Vale, 2012).

Estes fatores são compostos pelos seguintes elementos segundo Vale (2012):

- Fatores locais:
  - Mão de obra local; custo; produtividade; disponibilidade de materiais; arranjos mecânicos; dados do solo; saúde e segurança, meio ambiente, comunidade e gestão fundiária.
- Definição da engenharia:
  - Escopo detalhado; alimentação de matéria prima; propriedade dos produtos; fluxograma de processo; balanço de massa e energia; fluxograma de engenharia; diagramas unifilares elétricos; especificações de equipamentos; CaPex / OpEx; participação da operação, manutenção e comercial.
- Plano de execução do projeto:
  - Estratégias de contratação; papéis e responsabilidades; cronograma integrado indicando caminho crítico e as interferências físicas entre áreas (tie-ins); planos de execução do comissionamento, startup, operação; pessoal, garantia e controle de qualidade; controle de custos e cronograma.

Segundo *Independent Project Analysis* (IPA) *apud* Vale (2012) ao final do portão de FEL-1 75% das ideias não são aprovadas, ao final de FEL-2, 75% das ideias que passaram em FEL-1 não são aprovadas e ao final de FEL-3, apenas 1% das ideias que passaram em FEL-2 não são aprovadas.

### 3.3.5 Práticas agregadoras de valor (VIPs)

Romero (2010) define as práticas agregadoras de valor (VIP) como “o conjunto de práticas formais de engenharia que tem efeito positivo nas metas do projeto, que possa ser mensurável e estatisticamente demonstrado”. Nissen (2009) sugere que são ferramentas essenciais na otimização de projetos de capital, reduzindo custos e aumentando a probabilidade de cumprimento do programa de implementação, com um possível aumento da confiabilidade da operação.

As VIPs são práticas incomuns de engenharia, com foco em estudos de otimização, que têm resultados mensuráveis e estatisticamente comprovados pelo IPA (*Independent Project Analysis*). As VIPs têm um impacto positivo nas metas do projeto, e em média, a aplicação de VIPs resulta em vantagens estimadas em 6% a

8% de ganhos no CapEx, 7% a 12% no cronograma em projetos que as aplicam em relação aos que não as aplicam (Romero e Andery, 2010).

Medeiros (2010) indica que entre as VIPs encontram-se um conjunto de doze técnicas ou ferramentas: “Seleção de Tecnologia”, “Simplificação de Processos”, “Manutenção Preditiva”, “Modelagem de confiabilidade de processos”, “Adaptação de Padrões e Especificações”, “Ajuste de Capacidade”, “Classificação da Qualidade da Instalação”, “Engenharia de Valor”, “Revisão de Construtibilidade”, “Otimização Energética”, “Minimização de Resíduos e Perdas” e “CAD 3D – *Building Information Modelling*”.

O processo prevê a aplicação das práticas em etapas conforme descrito por Romero (2010), sendo necessária a seleção formal das VIPs o que é feito em função do potencial para agregar máxima competitividade ao projeto, considerando a fase em que este se encontra e o alinhamento entre os objetivos do projeto e o objetivo das VIPs.

Após a seleção deve-se realizar o planejamento da aplicação das mesmas ao longo do projeto o que deve ser feito registrando todas as definições e identificando os ganhos trazidos pela aplicação da prática.

A VIP “Revisão de Construtibilidade” constitui o uso do conhecimento e da experiência em construção no planejamento do projeto, suprimentos e operações de campo. A meta é atingir, com segurança, os objetivos gerais do negócio e do projeto, controlando o custo instalado total do empreendimento e seu cronograma.

O *Construction Industry Institute* (CII, 2012) identificou as etapas do processo de revisão de construtibilidade, durante as quais, os componentes das equipes de construção terão preocupações, necessidades, considerações e direções a serem estabelecidas. Estas etapas são:

- Identificação do tipo de projeto em consideração;
- Definição da estratégia de contratação para o projeto;
- Composição da equipe de projeto;
- Estabelecimento do conceito de construtibilidade como um foco do projeto;
- Implementação da construtibilidade.

Em termos práticos, a revisão de construtibilidade configura-se com uma análise multidisciplinar, normalmente efetuada por uma equipe distinta da que cuidará dos projetos do empreendimento, mesmo que em nível conceitual. Engloba a análise de todo o ciclo de vida do empreendimento, e acaba sendo uma ferramenta que auxilia no estabelecimento de critérios para gestão das aquisições de equipamentos e instalações, por verificar potenciais erros nas especificações e nos planos de contratação (Jones, 2004).

### **3.4 Técnica Delphi**

Segundo Wright e Giovinazzo (2000) a técnica Delphi “*baseia-se no uso estruturado do conhecimento, da experiência e da criatividade de um painel de especialistas, pressupondo-se que o julgamento coletivo, quando organizado*

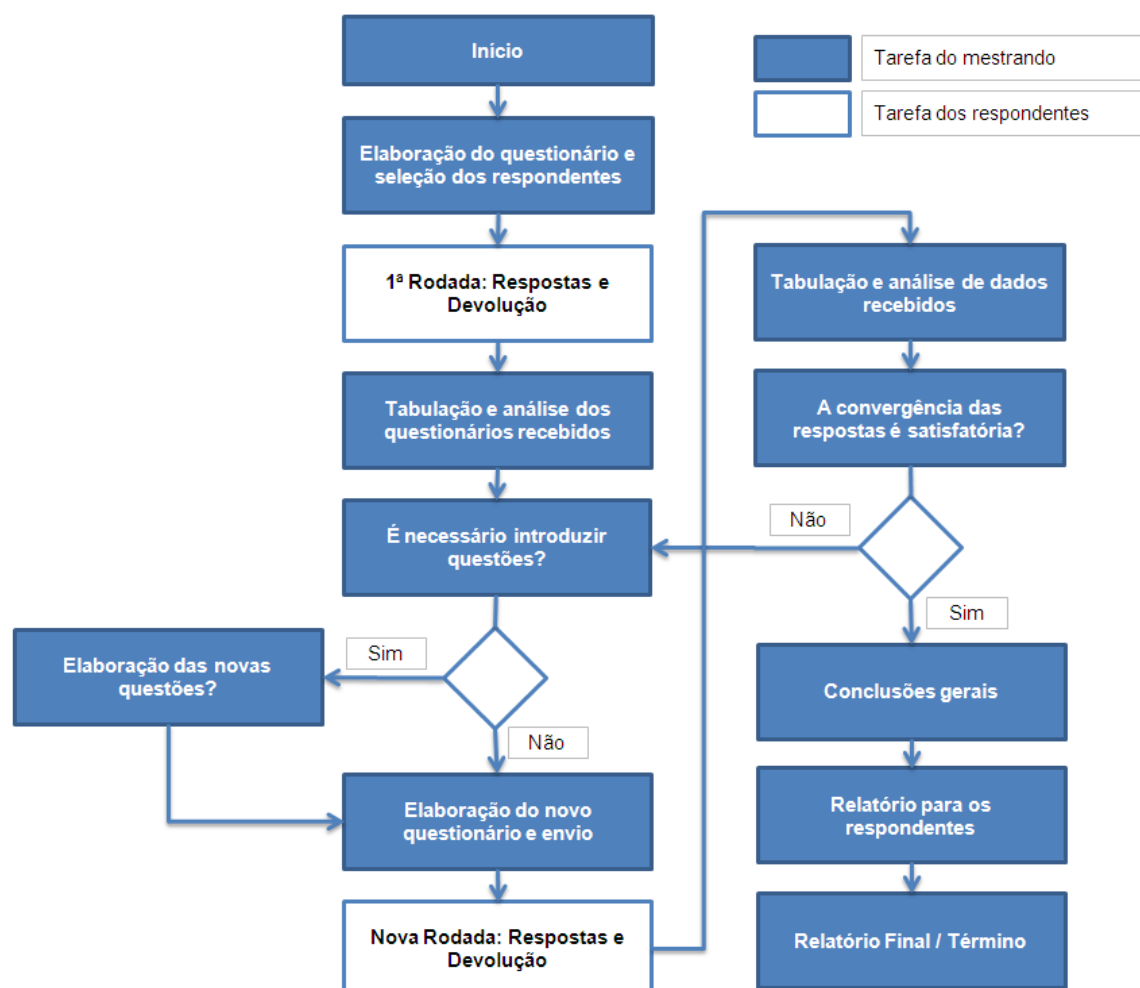
*adequadamente, é melhor que a opinião de um só indivíduo*". Portanto, esta técnica é recomendável para os casos em que não há dados quantitativos para análise.

Trata-se de um método de aplicação de questionário interativo, o qual circula repetidas vezes por um grupo de peritos, preservando o anonimato das respostas individuais. As respostas recebem um tratamento estatístico simples e os resultados são submetidos aos participantes para uma nova rodada de análise. Este processo se repete até que a divergência de opiniões seja mínima, e então a resposta da última rodada é considerada como a resposta do grupo.

Santos *et al.* (2005) descreve que "um dos aspectos fundamentais para o sucesso da aplicação da técnica é a realização de *feedback* controlado", o que consiste "na comunicação regular aos participantes dos resumos das discussões das rodadas precedentes". Isso permite focar os participantes nos problemas centrais em discussão e também cria a oportunidade de revisão da opinião tendo em vista a garantia do anonimato e o acesso às outras opiniões por todos os participantes (Wright e Giovinazzo, 2000; Massaud, 2002 *apud* Santos *et al.*, 2005).

Esta técnica consiste em um método interativo de perguntas e respostas que envolvem profissionais com alto conhecimento no campo pesquisado. A pesquisa se desenvolveu conforme as etapas do fluxograma apresentado na Figura 3.3.

**Figura 3.3 – Sequência de execução de uma pesquisa Delphi**



Fonte: adaptado de Wright e Giovinazzo, 2000

### 3.5 Síntese da revisão bibliográfica

Para uniformizar o entendimento de cada disciplina foram adotadas, neste trabalho, as definições de escopo resumidas apresentadas na Tabela 3.1. As definições a seguir foram baseadas na revisão da literatura apresentada na seção 3.2 deste trabalho.

**Tabela 3.1 – Definição de escopo resumida das disciplinas**

DISCIPLINA	CONVENÇÃO
Análise e definição das diretrizes de traçado	Estudo preliminar do traçado do projeto utilizando base de dados topográficos, geológicos, geotécnicos e socioeconômicos de menor precisão (ex.: ASTER, SRTM, Google e outros).
Caracterização geral complementar da região em estudo	Caracterização da região em estudo quanto aos aspectos ambientais, climatológicos, de uso e ocupação do solo, e de detecção de interferências com projetos novos e existentes.

DISCIPLINA	CONVENÇÃO
Topografia	Estudos da conformação do relevo utilizando dados de alta precisão como aerolevanteamento a laser, levantamento com GPS de alta precisão ou topografia convencional.
Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2	Estudos sobre as características físicas e químicas do solo e da geologia ao longo do(s) traçado(s) estudado(s). Inclui a definição de seções de corte a aterra recomendadas para os trechos ao longo do projeto, bem como as soluções relacionadas às fundações para o pavimento, pontes, túneis e outras estruturas relacionadas ao projeto. Também inclui a caracterização e indicação de locais para obtenção de empréstimos para as obras de terraplenagem.
Estudos e seleção de alternativas técnicas ( <i>Trade-offs</i> )	Seleção da melhor alternativa técnica e econômica de itens relevantes para o empreendimento, considerando a vida útil do projeto e os aspectos de implantação, manutenção e operação envolvidos.
Hidrologia	Estudos sobre ocorrência pluviométrica e fluviométrica.
Projeto geométrico	Projeto em que são definidas as características de rampas, curvas e outros elementos do greide de desenvolvimento do empreendimento.
Serviços preliminares	Serviços necessários antes do início das obras como limpeza do terreno, destoca e supressão de vegetação.
Canteiro de obras	Mobilização e implantação dos canteiros de obras e atividades necessárias para a construção do empreendimento.
Terraplenagem	Dimensionamento dos serviços de corte, aterro e transporte de materiais de 1ª, 2ª e 3ª categorias.
Pontes	Execução de toda a infra, meso e superestrutura das pontes.
Túneis	Execução de todos os serviços para a implantação de túneis.
Interferências	Qualquer atividade que esteja ligada a remoção, realocação, melhoria ou adequação de benfeitorias e infraestrutura existente que pertence a terceiros ou atividades não relacionadas ao projeto.
Áreas de empréstimos	Projeto e dimensionamento das áreas que fornecerão materiais para as atividades de terraplenagem como aterro, fabricação de concreto, lastro ou outros elementos da obra.
Áreas de disposição de material excedente	Áreas destinadas à disposição de material cortes que não serão utilizados na construção.
Edificações e instalações fixas	Inclui toda estrutura necessária para oficinas, postos de abastecimento, prédios administrativos, dentre outros.
Infraestrutura	Dispositivos e estruturas necessárias para garantir o adequado funcionamento e o aumento de vida útil do empreendimento como, por exemplo, drenagens superficiais e profundas, obras de arte corrente e demais obras de arte especiais que não são tratadas em disciplinas específicas.
Superestrutura	Equipamentos e materiais que formam a camada de contato com o que for causar os esforços na estrutura. Na ferrovia é considerada superestrutura a camada composta pelo lastro, dormentes, trilhos e seus dispositivos de apoio e fixação.

DISCIPLINA	CONVENÇÃO
Telecomunicação e automação	Equipamentos e infraestrutura necessária para instalação de cabos, torres e antenas utilizadas para a comunicação durante a operação do empreendimento.
Acessos rodoviários para manutenção	Estradas necessárias para a operação e manutenção do empreendimento. No caso de projetos rodoviários essa disciplina provavelmente será desconsiderada.
Paisagismo e serviços complementares	Todos os serviços necessários para incluir o empreendimento no ambiente em que estará implantado, inclusive a instalação de equipamentos como cercas e porteiros.
Projeto para aquisição de áreas	Identificação e medição das áreas que devem ser adquiridas para possibilitar a implantação e a operação do projeto.
Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico	Elaboração de documentos onde são apresentadas propostas para os tipos de sondagem, a locação e profundidade estimada dos furos; estabelecidas as condições e frequência de coleta das amostras; relacionados os tipos de ensaios a executar com as amostras coletadas; emitidas considerações sobre os pontos de atenção e os locais onde as pesquisas devem ser detalhadas.

Considerou-se neste trabalho que para todas as disciplinas listadas na Tabela 3.1, atividades de estimativas de quantidades e preços, elaboração de cronogramas e planejamento, bem como a elaboração de relatórios de engenharia são incluídas nas próprias disciplinas e, portanto, optou-se por não incluir disciplinas como “Orçamentação”, “Planejamento” e “Elaboração de relatórios de engenharia” nas análises.

O nível de detalhamento dos produtos de contratação e desenvolvimento da engenharia para cada disciplina, considerando o que foi observado na revisão bibliográfica, é apresentado na coluna “Esperado para a etapa de FEL 2” do Anexo 1 – Análise dos documentos disponíveis para fonte dos dados.

Para a análise das disciplinas críticas dos projetos considerou-se o impacto de cada uma na execução e no desenvolvimento dos casos. A relevância foi definida em função dos seguintes critérios baseados na revisão bibliográfica:

- maior custo de construção;
- maior impacto no caminho crítico do planejamento da construção;
- maior impacto no caminho crítico do desenvolvimento do projeto.

## 4 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo situa a pesquisa do ponto de vista metodológico.

A definição do método da pesquisa auxiliou na elaboração do planejamento e das ações realizadas para que os resultados do trabalho fossem satisfatórios.

Tendo em vista os tipos de abordagens descritas por Miguel (2007) o trabalho se desenvolveu considerando pesquisa bibliográfica e estudo de caso, sendo complementado por uma pesquisa com profissionais da área de gestão de projetos lineares, a qual se enquadra na abordagem de levantamentos tipo *survey*.

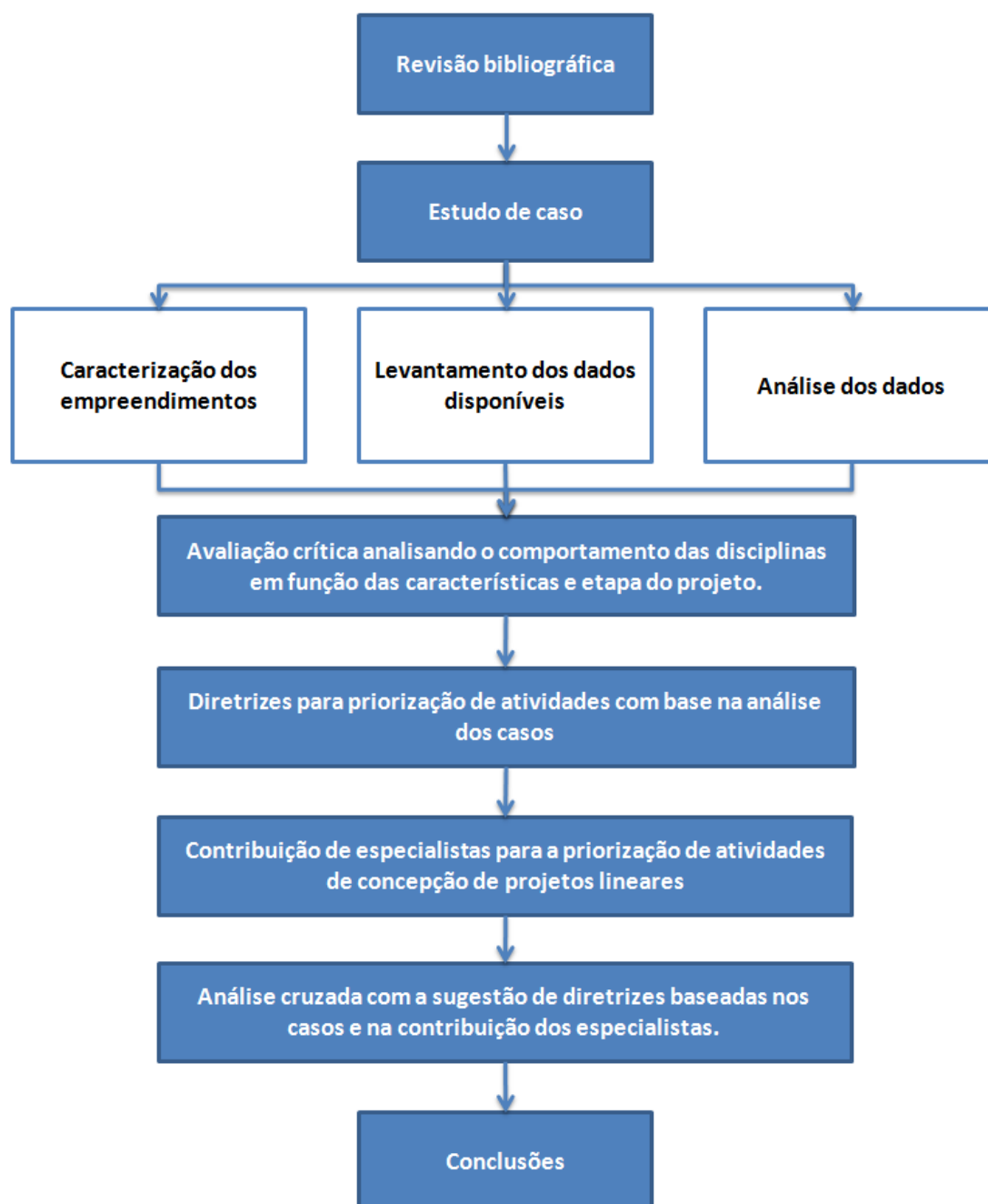
Foram realizados estudos de caso exploratórios de projetos ferroviários nas etapas de projetos conceitual e básico, desenvolvidos com base na metodologia FEL, nas etapas de FEL-2 e FEL-3.

O presente trabalho realizou um estudo de casos múltiplos visando avaliar a importância das disciplinas de engenharia para diferentes tipos de projetos ferroviários. Os casos estudados também possibilitaram avaliar e propor diretrizes para determinar o escopo de desenvolvimento da engenharia conceitual no universo de projetos lineares.

O aprofundamento nos casos estudados permitiu avaliar o comportamento da importância das disciplinas dentro do projeto de engenharia, identificando se ocorrem variações significativas em termos de custos de construção em uma disciplina em projetos similares e em projetos com características diferentes como, por exemplo, projetos *greenfields* (projeto a ser implantado em local não ocupado por infraestrutura ou atividades de produção relacionadas ao projeto) com grandes extensões versus projetos com pequenas extensões e com predominância de ponte ferroviária.

A Figura 4.1 apresenta o fluxograma com as etapas da metodologia proposta.

**Figura 4.1 – Fluxograma com as etapas da pesquisa**



Na etapa de revisão bibliográfica (capítulo 3 ) buscou-se o conhecimento relacionado às diversas áreas necessárias para entender melhor como se desenvolve projetos ferroviários, como se gerencia estes projetos seguindo a metodologia *Front-End-Loading* e quais os seus principais objetivos, além de buscar o conhecimento relacionado à técnica de gerenciamento de valor visando entender como é possível agregar valor ao produto focando os esforços em questões relevantes de um projeto.

Materiais de empresas foram utilizados como referência complementar à bibliografia clássica consultada com o objetivo de agregar valor à revisão no sentido

de comparar se o que vem sendo praticado atualmente em empresas de grande porte no Brasil está aderente ao estabelecido na bibliografia clássica consultada.

No que diz respeito aos aspectos técnicos e tecnológicos do transporte ferroviário, consultou-se em especial bibliografia complementar, formada, sobretudo, por especificações técnicas de engenharia, bem como procedimentos de desenvolvimento e análise de projetos da Vale S.A. Convém ressaltar que a empresa tem vasta experiência em desenvolvimento, construção e operação de transporte ferroviário, rodoviário, dentre outros.

Para o desenvolvimento das análises e dos estudos de casos adotou-se a definição de projetos lineares em função de sua natureza e suas características.

Entende-se que a natureza do projeto está relacionada ao seu tipo, ou seja, se são projetos de ferrovia, rodovia, mineroduto, linha de transmissão, etc.

As características de um projeto se referem às condições de desenvolvimento e construção do mesmo como, por exemplo, projetos de natureza ferroviária podem ter características diferentes em relação à sua extensão, localização, topografia, ocorrência de pontes, túneis, interferências, etc.

A revisão bibliográfica da metodologia FEL foi baseada em artigos científicos e em livros técnicos da área. Adicionalmente, como fontes secundárias e complementares foram consultadas normas e procedimentos de empresas familiarizadas com a aplicação do *Front-End-Loading*.

Este trabalho irá, com base na análise de relatórios técnicos de engenharia de projetos ferroviários, que serão oportunamente discriminados, analisar quais as disciplinas de projeto e as atividades realizadas dentro dessas disciplinas que poderiam ser consideradas, ainda na etapa de concepção, críticas para o desempenho do projeto. Essa crítica estaria associada aos fatores clássicos de desempenho de um projeto, ou seja, custos de construção, prazo de execução e desenvolvimento do projeto.

Utilizou-se o método do caso, com a seleção de empreendimentos ferroviários. Foram escolhidos quatro casos de projetos de natureza ferroviária, sendo que desses, três possuem características similares e um quarto caso de projeto com características distintas dos demais.

Os casos foram escolhidos em função de suas características de projetos ferroviários, sendo considerado um grupo de três projetos similares com grandes extensões (cerca de 170 km cada um) e de abrangência regional (casos 1 a 3) e um projeto com pequena extensão (aproximadamente 7 km) com predominância de ponte ferroviária e de abrangência local (caso 4).

A escolha de casos de mesma natureza se deu para uniformizar a análise dos dados e pela disponibilidade de acesso à informação e aos produtos de projeto objeto.

A escolha de 3 casos com características semelhantes se deu para verificar se há a tendência de uniformidade de comportamento das disciplinas, enquanto que

a inclusão do caso 4 no presente trabalho teve o objetivo de verificar se há variação em disciplinas em função das diferentes características de projeto.

Não foi permitida pelo empreendedor a publicação dos documentos originais e nem dados confidenciais como os valores dos orçamentos destes projetos.

Foi permitido ao pesquisador o livre acesso aos seguintes documentos: documentos de contratação dos serviços dos projetos, cronogramas de desenvolvimento e de planejamento da construção, relatórios periódicos das atividades dos projetos, as planilhas orçamentárias, desenhos e relatórios de projetos, relatórios de análise de maturidade, relatórios de seleção e execução de práticas agregadoras de valor (VIP) e relatórios de análise dos produtos de engenharia.

Estes documentos são existentes para todos os casos estudados, sendo que a descrição dos dados analisados é apresentada no Anexo 1 deste trabalho, o que significa que, do ponto de vista de rigor metodológico, as evidências do estudo de casos são identificadas no Anexo 1, o qual indica os documentos que foram fontes de evidência para as análises realizadas. Ao longo do texto, para subsidiar as afirmações, os documentos são referenciados.

O Anexo 1 faz uma descrição das fontes de evidências do estudo de caso. São citados os documentos acessados para cada caso estudado, a partir do qual foram feitas as análises sobre o impacto das disciplinas de projeto no desempenho do empreendimento.

Os documentos analisados são de projetos que pertencem ao portfólio do mesmo empreendedor, o qual cedeu os documentos para a pesquisa desde que dados considerados estratégicos por ele fossem mantidos em sigilo.

O acesso aos casos se deu por meio da coleta dos documentos em meio digital para cada caso, obtidos da base de dados do empreendedor e que basicamente são:

- Documentos de contratação da engenharia conceitual contendo: especificações técnicas de engenharia para os produtos esperados em FEL-2, planilhas de contratação de engenharia com quantitativos e preços, propostas técnicas feitas pelos proponentes ao empreendedor para o desenvolvimento da engenharia e os contratos e ordens de serviço emitidas pelo empreendedor para as empresas projetistas.
- Cronogramas de desenvolvimento da Engenharia Conceitual. Entende-se aqui por Engenharia conceitual as atividades de engenharia previstas para se definir o escopo do projeto que será construído e escolher as alternativas técnicas e econômicas de solução do projeto. Os cronogramas analisados para os casos estudados apresentam as atividades de engenharia desenvolvidas em campo como, por exemplo, sondagens e atividades de escritório como, por exemplo, projeto geométrico.

- Planejamento físico dos empreendimentos (com estimativa de cronogramas) - apresentam o planejamento da construção do empreendimento.
- Relatórios periódicos de desenvolvimento da engenharia e das atividades de campo - apresentam a descrição das atividades e dos dados levantados durante os trabalhos de campo e de desenvolvimento da engenharia, apresentando os principais avanços das atividades no período.
- Produtos do desenvolvimento da engenharia: relatórios, desenhos e planilhas com os dados do projeto – apresentam, na forma de documentos, os produtos das disciplinas de engenharia.
- Relatórios de seleção e execução de práticas agregadoras de valor (VIP), as quais são boas práticas de gestão de projetos com foco em melhorar a engenharia e que têm os resultados mensuráveis e estaticamente comprovados pelo *Independent Project Analysis*. – apresentam discussões sobre temas específicos dentro dos projetos como, por exemplo, discussões para a definição e padronização de soluções para a disciplina “Pontes”.
- Relatórios de análise dos produtos de engenharia que foram desenvolvidos pela equipe de engenharia do empreendedor avaliando detalhadamente os produtos gerados pelas empresas projetistas. – apresentam críticas e sugestões elaboradas pela equipe de engenharia do empreendedor, ou seja, estes documentos possibilitam analisar, considerando o ponto de vista do empreendedor, a qualidade dos produtos gerados pelas empresas projetistas.
- Relatório de análise de maturidade do projeto para o caso 4, que contém uma análise global dos produtos do projeto e não somente de engenharia. A análise da maturidade ao final da etapa de FEL-2 foi desenvolvida por equipe própria do empreendedor e apresenta os objetivos da análise da maturidade, a caracterização do empreendimento, os pontos positivos, desvios, pontos de atenção e o grau de definição do projeto.

O estudo de caso foi composto por cinco etapas, sendo a primeira composta por três atividades, as quais consistiram em caracterizar o empreendimento, levantar os dados disponíveis e analisar os dados.

A caracterização do empreendimento consistiu em analisar os principais aspectos dos projetos relacionados à engenharia e ao meio físico onde os empreendimentos se inserem.

O levantamento dos dados disponíveis de cada ferrovia foi realizado pesquisando detalhadamente os documentos dos projetos, desde a etapa de contratação até os relatórios de análise dos produtos de engenharia e análise de maturidade.

A análise dos dados foi realizada tabulando as informações disponíveis referente aos custos estimados para a construção dos casos e identificando as atividades críticas dos cronogramas estimados para o desenvolvimento do projeto conceitual e para a construção dos empreendimentos.

Em seguida realizou-se a avaliação crítica do comportamento das disciplinas e determinou-se a relevância das disciplinas para os casos considerando três indicadores de desempenho de projetos: os aspectos de custos de construção, prazo de execução e de desenvolvimento do projeto.

A análise da relevância das disciplinas em função do impacto no caminho crítico do planejamento da construção significa identificar as disciplinas que não possuem folga na estimativa de cronograma para a construção do empreendimento. A relevância neste aspecto é, portanto, determinada em função do maior tempo de execução da atividade que não possui folga no cronograma de construção.

O impacto no prazo de construção foi avaliado em função dos cronogramas estimados para a implantação do empreendimento. Ressalta-se que, uma vez que os empreendimentos objeto deste estudo ainda não tiveram sua construção iniciada, não foi possível avaliar a aderência do realizado com o planejado para a construção.

O impacto no caminho crítico no desenvolvimento do projeto está relacionado ao desenvolvimento da engenharia conceitual, ou seja, as disciplinas com potencial de causar atrasos no desenvolvimento da engenharia na etapa de FEL-2 foram consideradas mais relevantes. A relevância neste aspecto é, portanto, determinada em função do maior tempo de desenvolvimento da atividade que não possui folga no cronograma de desenvolvimento do projeto conceitual.

Na análise do impacto no prazo de desenvolvimento do projeto, ou seja, na engenharia, foram considerados os cronogramas desenvolvidos para acompanhar o as atividades de engenharia, inclusive as atividades de campo como topografia e sondagens. Vale salientar que não foi objetivo deste estudo avaliar a concordância do realizado com o que foi planejado.

Em se tratando do impacto nos custos de construção a análise se deu observando quais as disciplinas têm maior impacto no investimento de engenharia, ou seja, foram avaliadas as planilhas de quantidades e custos desenvolvidas pelas empresas projetistas em conjunto com o empreendedor. Foram identificadas quais as disciplinas mais relevantes neste aspecto. A relevância deste aspecto é determinada em função do maior valor orçado para a disciplina em relação ao total de custos estimados para a engenharia.

Foi avaliado se houve tendência de alguma disciplina ser mais relevante ou se, dependendo das características ou da fase de projeto, se houve grandes variações de relevância entre as disciplinas consideradas.

Na etapa seguinte foram estabelecidas diretrizes para priorização das atividades críticas em projetos lineares com base nos casos estudados. Foram propostas diretrizes conceituais voltadas para a etapa de FEL-2 aplicadas a projetos lineares, as quais ao final do trabalho foram comparadas com a contribuição feita pelos especialistas consultados por meio de questionários.

As diretrizes foram elaboradas visando direcionar equipes de projeto linear para focar os recursos disponíveis nas atividades críticas e mais relevantes, aumentando a assertividade e a previsibilidade dos projetos desenvolvidos na etapa de FEL-2.

Não é escopo, do presente trabalho, identificar se essas diretrizes podem ser aplicadas a outros tipos de empreendimentos.

Para investigar a hipótese do trabalho descrita no capítulo 1 além do estudo de caso desenvolvido, foi realizada uma pesquisa do tipo *survey* com base na técnica Delphi, visando verificar se as observações e conclusões obtidas dos casos estudados são válidas e podem ser aplicadas na maioria dos projetos.

Para a aplicação da técnica Delphi foi estruturado um modelo de questionário, no qual estavam as questões a serem aplicadas ao grupo (ver Anexo 2 e Anexo 3). O questionário da primeira rodada de perguntas e respostas foi testado com dois profissionais que participaram da pesquisa antes de ser aplicado aos demais profissionais.

Os participantes da pesquisa Delphi foram escolhidos conforme os seguintes critérios buscando obter um grupo heterogêneo de profissionais para aumentar a qualidade do debate de opiniões:

- Profissional com experiência em projetos ferroviários;
- Profissional com experiência em outros tipos de projetos lineares (rodoviários, dutos, linhas de transmissão, dentre outros);
- Profissionais brasileiros e de diversas localidades internacionais;
- Profissionais com experiência na metodologia FEL.

Em seguida os formulários foram submetidos a uma lista de participantes da rede de contatos do mestrando e estendido a contatos selecionados a partir de rede social para contatos profissionais. As respostas recebidas foram tabuladas e analisadas. Um relatório consolidado das respostas foi enviado aos participantes para conhecimento juntamente com o questionário para a segunda rodada.

A primeira rodada de aplicação do questionário foi realizada entre os dias 16 e 31 de março de 2014 com a aplicação do questionário apresentado no Anexo 2.

Os principais argumentos foram associados às diferentes tendências das respostas e foi avaliada a necessidade de aplicação de novo questionário com a inclusão de novas questões para uma segunda rodada.

A segunda rodada de perguntas e respostas foi realizada entre os dias 19 e 30 de abril de 2014 com a aplicação do questionário apresentado no Anexo 3.

Por fim, foram feitas as conclusões gerais das respostas ao questionário e o relatório final foi encaminhado para todos os participantes e incluído no capítulo 6 deste trabalho.

Após a execução de todas as etapas descritas anteriormente realizou-se a análise crítica final da pesquisa comparando a avaliação crítica do estudo de caso com as conclusões obtidas da análise das respostas ao questionário aplicado.

Essa comparação teve o objetivo de verificar de forma qualitativa a aplicabilidade das observações e análises feitas dos dados dos projetos que compuseram o estudo de caso e permitiu propor algumas diretrizes baseadas na análise cruzada entre os dados dos estudos de casos e da contribuição dos profissionais com experiência em projetos lineares.

## 5 ESTUDO DE CASOS

Nesse capítulo são apresentados os estudos de caso sobre as atividades de quatro casos de projetos ferroviários.

Como descrito anteriormente os casos 1, 2 e 3 são ferrovias com características semelhantes, de grande extensão (aproximadamente 170 km cada uma) e pertencem a um mesmo empreendimento.

O caso 3 compõe a primeira fase de implantação do empreendimento, enquanto que os casos 1 e 2 compõe a etapa de expansão do mesmo. Em função dessa separação de etapas de implantação, os casos 1 e 2 encontravam-se na etapa de projeto conceitual (FEL-2), enquanto que o caso 3 encontrava-se em projeto básico (FEL-3).

Isso significa que os projetos foram desenvolvidos tratando cada trecho do empreendimento como uma ferrovia distinta, mas que depois de construídas as ferrovias dos casos 1, 2 e 3 seriam operadas juntas, transformando-se em um único sistema logístico de escoamento de minério de ferro.

O caso 4 é composto por um trecho de ferrovia de pequena extensão (aproximadamente 7 km) com predominância de uma ponte ferroviária de aproximadamente 2,5 km.

A inclusão do caso 4 neste estudo visou comparar o comportamento das disciplinas e atividades de projeto de engenharia em casos de mesma natureza, porém com características distintas, quando uma tipologia de ferrovia é comparada com outra.

Como mencionado no capítulo 4 deste trabalho, este estudo de casos visa identificar, com base na análise dos documentos dos projetos, se pode haver atividades críticas em termos de custos de implantação, impacto no caminho crítico do planejamento da construção e impacto no caminho crítico do desenvolvimento do projeto.

A análise dos dados do caso 3 teve o objetivo de avaliar se há variações significativas em um projeto com características similares (casos 1 e 2) em função de sua etapa de desenvolvimento, ou seja, considerando projetos em fases distintas de desenvolvimento (casos 1 e 2 em FEL 2 comparados ao caso 3 em FEL 3), de forma a tentar verificar se há variações significativas de relevância entre as disciplinas em função da fase de desenvolvimento dos projetos.

Ou seja, a comparação de um projeto em estágio mais avançado de maturidade com outros que ainda estão na fase de concepção tem o propósito de identificar se há alguma variação significativa de relevância das disciplinas em função do aprofundamento dos estudos de engenharia e se pode ser viável antecipar alguns produtos de etapas mais avançadas do FEL.

A partir da análise dos casos estudados são feitas considerações sobre a possibilidade de que sejam definidas algumas diretrizes que sirvam como critério

para estabelecer ações no sentido de priorizar atividades de projetos lineares, focando recursos em atividades críticas e relevantes para a tomada de decisão ao final da etapa de FEL-2.

### 5.1 Caracterização dos empreendimentos

Foram estudados projetos *greenfield* (projeto a ser implantado em local não ocupado por infraestrutura ou atividades de produção relacionadas ao projeto) de três ferrovias (casos 1, 2 e 3) e um projeto *brownfield* (que será construído onde já existe infraestrutura ou operação relacionada ao projeto a ser implantado) de um trecho ferroviário com ocorrência de uma ponte (caso 4).

Todos os projetos destinam-se ao transporte de carga pesada, sendo o minério de ferro o principal bem a ser transportado nessas ferrovias.

As fontes de dados para análise e sua caracterização são apresentadas no Anexo 1.

A Tabela 5.1 apresenta a descrição resumida dos casos estudados, os quais são caracterizados em seguida.

**Tabela 5.1 – Descrição dos casos estudados**

CASO	DESCRIÇÃO
1	Ferrovia com aproximadamente 190 km de extensão em estágio de projeto conceitual (FEL-2), com características similares às ferrovias 2 e 3 e pertencente ao mesmo empreendimento.
2	Ferrovia com aproximadamente 170 km de extensão em estágio de projeto conceitual (FEL-2), com características similares às ferrovias 1 e 3 e pertencente ao mesmo empreendimento.
3	Ferrovia com aproximadamente 150 km de extensão em estágio de projeto básico (FEL-3), com características similares às ferrovias 1 e 2 e pertencente ao mesmo empreendimento, mas em fase de expansão distinta.
4	Ferrovia com aproximadamente 7 km de extensão e predominância de ponte ferroviária com aproximadamente 2 km de extensão.

Os casos 1, 2 e 3 caracterizam-se por serem projetos *greenfield*, ou seja, projetos a serem construídos em áreas onde ainda não há infraestrutura relacionada àqueles empreendimentos, cada um com extensão aproximada de 170 km de ferrovia estudados na etapa de FEL-2 em região com pouca infraestrutura e em condições políticas e socioeconômicas desfavoráveis.

Ressalta-se que os casos 1, 2 e 3 pertencem a um mesmo empreendimento, o qual foi dividido em 2 etapas de construção. A primeira fase era composta pela ferrovia do caso 3 e a segunda etapa, ou etapa de expansão, era composta pelas ferrovias dos casos 1 e 2.

O caso 4 caracteriza-se por um projeto ferroviário com predominância de ponte ferroviária.

A inclusão do caso 4 neste estudo visou comparar o comportamento das disciplinas e atividades de projeto de engenharia em casos de mesma natureza, porém com características distintas conforme descrito anteriormente.

Os casos 1, 2 e 3 possuem características semelhantes, ou seja, são ferrovias de grande extensão e seriam construídas em região com características topográficas, geológicas e climáticas semelhantes. O caso 4, por sua vez, é composto por um projeto de ferrovia com características distintas dos demais, sendo composto predominantemente por um trecho curto de ferrovia e com a ocorrência de uma ponte ferroviária em parte considerável de sua extensão.

Os projetos das quatro ferrovias estudadas têm variações significativas de uso e ocupação, passando por áreas como florestas em estágio avançado de regeneração ou até mesmo em estágio primário como pode ser verificado nos relatórios de engenharia e caracterização do empreendimento indicados no Anexo 1.

Os traçados estudados também passam por áreas com presença de comunidades, fato comum em projetos lineares.

Todos os casos estudados são para transporte de carga pesada com até 37,5 toneladas por eixo. O trem tipo adotado para os projetos tem uma extensão aproximada de 3.300 metros.

O projeto básico (FEL-3) do caso 3 foi incluído neste estudo com o objetivo de avaliar a hipótese de que pode haver disciplinas relevantes ao ponto de ser recomendável antecipar atividades de FEL-3 para FEL-2, melhorando a qualidade e a confiabilidade da tomada de decisões na etapa do projeto conceitual (FEL-2). Ressalta-se que as características gerais do projeto do caso 3 são similares às dos casos 1 e 2. A caracterização dessas ferrovias é feita nos próximos capítulos.

### **5.1.1 Casos 1, 2 e 3**

Os casos 1, 2 e 3 contemplam três ferrovias, com extensão aproximada de 170 km cada uma. Os casos 1 e 2 encontravam-se em projeto conceitual, na etapa de FEL2, enquanto que o caso 3 já estava na etapa de projeto básico (FEL3). O desenvolvimento dos projetos teve suas atividades encerradas no ano de 2011.

O caso 1 previa, conforme apresentado nos relatórios e planilhas de engenharia listados no Anexo 1, o corte de cerca de 17 milhões de metros cúbicos, sendo que desses cerca de 13,3 milhões de metros cúbicos seriam destinados a aterros e outros 1,5 milhão de metros cúbicos seriam providos por áreas de empréstimos para material de aterro e outros 1 milhão de metros cúbicos de material rochoso seriam necessários para fabricação de lastro e outros componentes das obras. O caso 1 previa que cerca de 3,7 milhões de metros cúbicos de material seria destinado a áreas de disposição de material excedente.

Para o caso 2 estimou-se que cerca de 22 milhões de metros cúbicos seriam gerados em cortes, sendo que desses aproximadamente 15 milhões de metros cúbicos seriam destinados a aterros e outros cerca de 6 milhões de metros cúbicos necessários para aterros seriam provenientes de áreas de empréstimo. Neste caso ainda seriam necessários cerca de 0,3 milhões de metros cúbicos de material

rochoso para a fabricação de lastro de ferrovia e outros componentes das obras. 7 milhões de metros cúbicos de material seria destinado a áreas de disposição de material excedente.

O caso 3 teve, conforme relatório de descrição do empreendimento citado no Anexo 1, 75% do material de corte em solo e 100% do material de corte em rocha destinados para aterros da ferrovia dentro de uma distância de transporte média de aproximadamente 2 quilômetros. Foram estimados cerca de 11 milhões de metros cúbicos de corte e 5 milhões de metros cúbicos de aterro para este caso, sendo que a diferença deveria ser destinada para áreas de disposição de material excedente.

Para os três casos citados foram desenvolvidos os produtos de engenharia relacionados às disciplinas “Pontes”, “Infraestrutura”, “Interferências”, “Projeto geométrico”, “Hidrologia”, “Investigações geológicas e geotécnicas da etapa de FEL-2”, “Terraplenagem”, “Topografia”, “Projeto de aquisição de áreas” e “Serviços complementares”, sendo que dentro dos relatórios das disciplinas citadas foram tratadas as outras disciplinas conforme identificado no Anexo 1.

O objetivo destes projetos era o transporte de minério de ferro de uma mina localizada a cerca de 530 km de um porto e a expectativa de tempo de construção era de 2.652 dias considerando as duas fases de implantação para o projeto, conforme observado nos documentos “N1550\_Cronogr. Casos 1 e 2\_01.12.10” e “PX-2005ZM-G-00003 – 00” que são, respectivamente, o cronograma de projeto e construção dos casos 1 e 2 e o cronograma de construção do caso 3.

Os relatórios de seleção e aplicação das práticas agregadoras de valor (VIPs) foram consideradas neste trabalho com o objetivo de tentar identificar decisões estratégicas tomadas para os projetos e os motivos de priorizar certas disciplinas de projeto.

A fase 1 do empreendimento era composta pela implantação do caso 3, para a qual o tempo de implantação foi estimado em 883 dias. A fase 2 era composta ao final da etapa do projeto conceitual pelas ferrovias dos casos 1 e 2, para a qual o tempo de implantação foi estimado em aproximadamente 1.769 dias (conforme documento citados nos itens 2 e 3 do anexo 1).

Os projetos tratam de ferrovia com bitola padrão (1.435 mm) em linha simples, com a necessidade de passagens em nível e construção de pontes, contudo, nenhum túnel foi contemplado nestes casos.

Alguns rios importantes da região são cruzados e não há infraestrutura suficiente para chegar com os suprimentos da obra. Para o transporte de equipamentos e insumos de grande porte até os locais das obras é necessária a construção de infraestrutura como estradas para acesso e reforço de pontes rodoviárias em estradas existentes.

A pouca oferta de infraestrutura logística gerou alguns desafios para o desenvolvimento do projeto como, por exemplo, a definição do método construtivo das pontes ferroviárias. Com o objetivo de buscar a melhor solução para este desafio o empreendedor optou por realizar uma oficina de trabalho (*workshop*) reunindo 45 profissionais, incluindo especialistas, construtores e as empresas

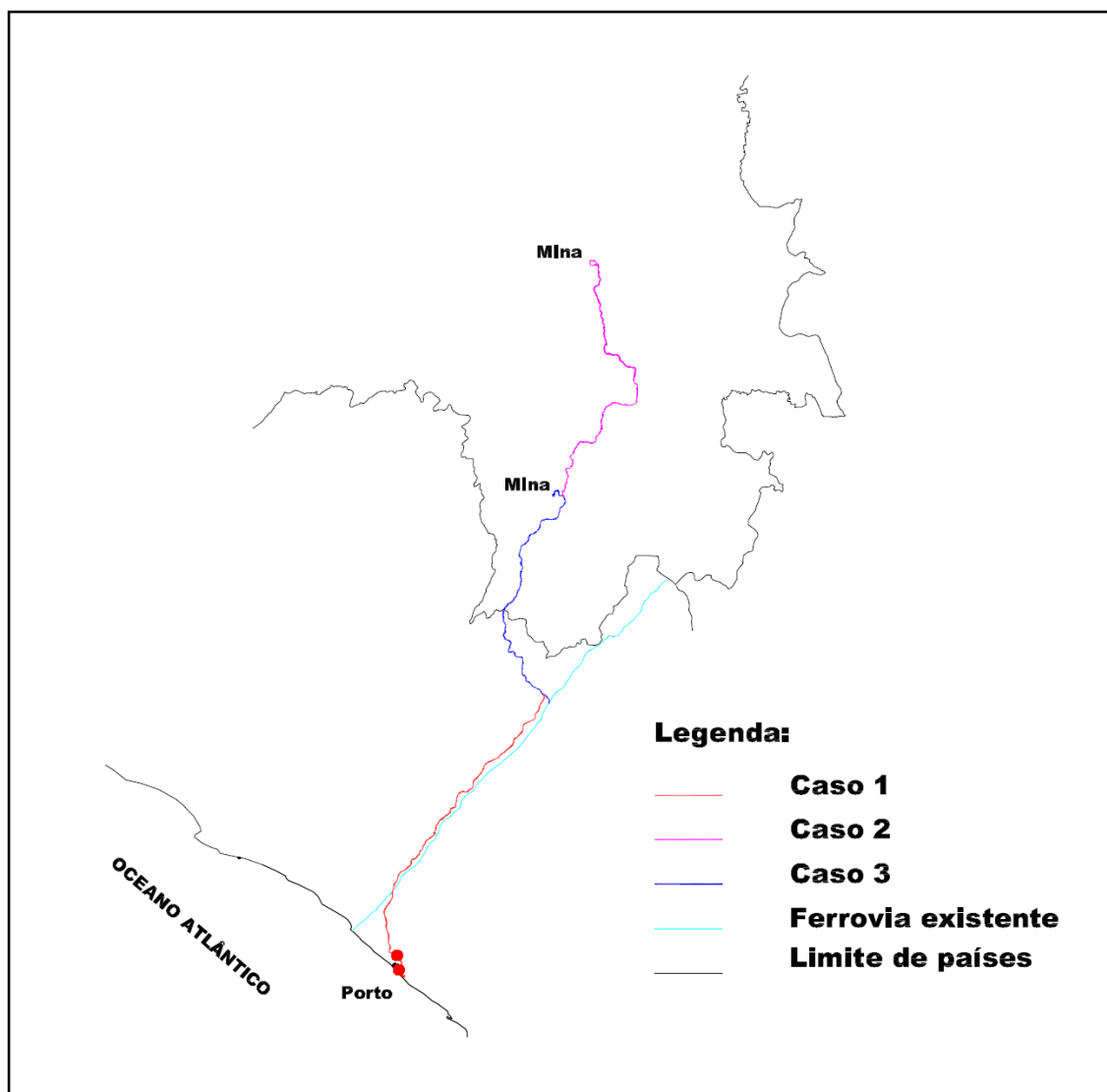
projetistas dos casos 1, 2 e 3 para discutir a construtibilidade das pontes por meio da execução da VIP de revisão de construtibilidade. Com esta ação foram tomadas várias decisões de melhoria para os projetos como pode ser observado no “RL\_VIP Construtibilidade Casos 1, 2 e 3\_R01”.

As exigências de traçado e greide (rampas máximas e raio de curva mínimo) para o projeto tiveram impacto direto em itens importantes para a construção como as obras de arte especiais (OAE), fazendo com que essas estruturas ficassem por diversas vezes com seu posicionamento e dimensionamento restritos pelas condições do greide e não por condições hidráulicas ou geológicas do projeto da própria estrutura. Esta observação pode ser verificada nos seguintes relatórios de engenharia:

- RL-2000ZM-G-00002\_00 (Relatório do projeto de engenharia do caso 3);
- MD-1100BZ-A-00815\_ REV A (Relatório da disciplina “Trabalhos complementares” dos casos 1 e 2);
- MD-1100BZ-N-00816\_ Rev A (Relatório da disciplina “Projeto para aquisição de áreas” dos casos 1 e 2);
- MD-1100BZ-V-00953\_Rev A (Relatório da disciplina “Topografia” dos casos 1 e 2);
- MD-1100BZ-X-00304\_Rev B (Relatório da disciplina “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2” dos casos 1 e 2);
- MD-1105BZ-B-00570\_Rev A (Relatório da disciplina “Interferência” dos casos 1 e 2);
- MD-1105BZ-Y-00472\_REV C (Relatório da disciplina “Projeto geométrico” dos casos 1 e 2);
- MD-1105BZ-Y-00821\_Rev A (Relatório da disciplina “Plano de gerenciamento operacional” dos casos 1 e 2);
- MD-1110BZ-C-00854\_Rev A (Relatório da disciplina “Hidrologia” dos casos 1 e 2);
- MD-2510LI-C-00567\_Rev A (Relatório das disciplinas “Pontes” e “Infraestrutura” dos casos 1 e 2).

Como citado anteriormente, a descrição do conteúdo dos documentos citados neste trabalho é apresentado no Anexo 1.

A Figura 5.1 abaixo, apresenta, a título ilustrativo, uma representação esquemática da disposição das ferrovias dos casos 1, 2 e 3.

**Figura 5.1 – Layout do empreendimento 1 contendo os casos 1, 2 e 3**

O desenvolvimento do projeto se deu por um conjunto de profissionais com formação multidisciplinar tanto do empreendedor como das empresas projetistas.

Foram envolvidos diretamente cerca de 30 profissionais do quadro de empregados do empreendedor nos trabalhos de engenharia, sendo a maioria engenheiros atuando em suas áreas de especialização divididas pelas disciplinas de projetos. Estes profissionais se encontravam divididos entre o local onde o empreendimento seria construído e os locais em que os projetos estavam sendo desenvolvidos.

O coordenador de projetos, pertencente ao quadro de empregados do empreendedor das futuras ferrovias, bem como um grupo de engenheiros especialistas controlavam as “entregas” das empresas projetistas contratadas como, por exemplo, os dados de levantamentos topográficos, geológicos e geotécnicos, projetos, relatórios, planilhas e desenhos de infraestrutura, topografia, geoprocessamento, geotecnia, hidráulica, hidrologia, geometria, terraplenagem, sinalização e telecomunicações atuaram de forma direta junto das empresas projetistas.

As equipes das empresas projetistas eram compostas por um número maior de profissionais, sendo cerca de 150 profissionais no pico do histograma de mão de obra para o desenvolvimento dos projetos, incluindo os responsáveis pelos serviços de campo como levantamento topográfico, pesquisa geológica e de geotecnia.

Esse dado foi obtido a partir da análise das propostas técnicas de trabalho feitas por essas empresas de projeto e também com base nos histogramas de mão de obra apresentados para as atividades de campo. Essas equipes também eram organizadas por disciplinas, de maneira similar a equipe de especialistas do empreendedor.

O detalhamento das disciplinas com a listagem dos documentos utilizados para caracterizar o caso é mostrado no Anexo 1.

### 5.1.2 Caso 4

Este empreendimento contempla a construção de uma nova ponte ferroviária para travessia de um rio, de forma a garantir, em primeiro plano, a segurança operacional da ferrovia, além de atender aos volumes para escoamento das cargas geradas na região. O projeto conceitual de engenharia, na etapa de FEL-2, foi concluído em 2013.

A ponte ferroviária possui extensão aproximada de 2.500 metros, sendo a extensão total do trecho de aproximadamente 7.000 metros. Além do escopo do projeto ferroviário foi previsto a implantação de duas estradas vicinais.

Este é um projeto *brownfield* (que será construído onde já existe infraestrutura ou operação relacionada ao projeto a ser implantado), em estrutura mista, sendo a infraestrutura e mesoestrutura da ponte em concreto e a superestrutura metálica.

O layout do projeto contendo a ponte ferroviária e o trecho de ferrovia é apresentado na Figura 5.2.

O caso 4 previa, conforme apresentado no relatório de engenharia RL-2530KF-B-00163\_REV\_2 listado no Anexo 1, aterro de cerca de 2 milhões de metros cúbicos, sendo que quase a totalidade deste volume seria provenientes de áreas de empréstimo localizadas próximas ao empreendimento. O volume de corte calculado para este projeto é muito pequeno (aproximadamente 10 mil m<sup>3</sup>) se comparado ao volume de aterro necessário, o que ocorre em função de este ser um projeto para a transposição de um rio com uma ponte ferroviária.

Essa especificidade do projeto de possuir um volume de aterro muito superior ao volume de corte exemplifica uma possível causa do aumento dos custos relacionados à disciplina “Terraplenagem” e suas correlacionadas em projetos com essas características, contudo, essa não significa que essa será necessariamente a causa para se tornarem relevantes de forma generalizada.

Assim como para os projetos dos casos 1, 2 e 3 o desenvolvimento do projeto do caso 4 se deu por um conjunto de profissionais com formação multidisciplinar tanto do empreendedor como das empresas projetistas.

Foram envolvidos diretamente cerca de 20 profissionais do quadro de empregados do empreendedor nos trabalhos de engenharia, sendo a maioria engenheiros atuando em suas áreas de especialização divididas pelas disciplinas de projetos.

O coordenador de projetos, pertencente ao quadro de empregados do empreendedor da ferrovia, bem como um grupo de engenheiros especialistas controlavam as “entregas” das empresas projetistas contratadas como, por exemplo, os dados de levantamentos topográficos, geológicos e geotécnicos, projetos, relatórios, planilhas e desenhos de infraestrutura, topografia, geoprocessamento, geotecnia, hidráulica, hidrologia, geometria, terraplenagem, sinalização e telecomunicações atuaram de forma direta junto das empresas projetistas.

As equipes das empresas projetistas eram compostas por um número maior de profissionais, sendo cerca de 40 profissionais no pico do histograma de mão de obra para o desenvolvimento dos projetos, incluindo os responsáveis pelos serviços de campo como levantamento topográfico, pesquisa geológica e de geotecnia.

Esse dado foi obtido a partir da análise das propostas técnicas de trabalho feitas pelas empresas de projeto e também com base no histograma de mão de obra apresentados para as atividades de campo. Essas equipes também eram organizadas por disciplinas, de maneira similar a equipe de especialistas do empreendedor.

O detalhamento das disciplinas com a listagem dos documentos utilizados para caracterizar o caso é mostrado no Anexo 1.

A Figura 5.2 abaixo, apresenta, a título ilustrativo, uma representação esquemática da disposição da ferrovia do caso 4.

**Figura 5.2 – Layout da ferrovia que contempla o caso 4**



## **5.2 Levantamento dos dados disponíveis**

Para realizar a análise dos casos escolhidos diversos documentos do projeto foram cedidos pelo empreendedor ao mestrando.

Estes documentos abrangem toda a etapa dos projetos, desde a contratação dos serviços de engenharia até a análise dos produtos finais de engenharia.

Os documentos foram separados e categorizados conforme sua etapa de projeto, as quais são listadas a seguir:

- Documentos de contratação;
- Cronograma do desenvolvimento da engenharia;
- Relatório periódico de desenvolvimento da engenharia e das atividades de campo;
- Desenvolvimento da engenharia;
- Práticas agregadoras de valor (VIPs);
- Análise de produtos.

Os documentos de contratação analisados foram as especificações técnicas de engenharia, planilhas de contratação de engenharia com quantitativos e preços, propostas técnicas das proponentes e os contratos e ordens de serviço dados às empresas projetistas e demais prestadores de serviços relacionados ao projeto.

Os cronogramas com as atividades previstas para a etapa de projeto conceitual foram utilizados para avaliar as atividades mais críticas em termos de tempo de desenvolvimento do projeto.

Como relatórios periódicos de desenvolvimento da engenharia e das atividades de campo foram considerados documentos como atas de reunião e relatórios descrevendo as atividades de engenharia desenvolvidas durante o projeto, inclusive as atividades de campo descrevendo os problemas e limitações encontradas.

Dentro do desenvolvimento da engenharia foram considerados os cronogramas de implantação, relatórios, planilhas e desenhos de engenharia descritos no Anexo 1, relacionados às disciplinas descritas na Tabela 3.1.

Uma vez que não é objetivo do estudo avaliar a qualidade e maturidade dos produtos de engenharia analisados, não foram definidos nesse trabalho indicadores para avaliação da qualidade dos projetos e de cada produto gerado nas disciplinas de projeto.

A título de exemplo cita-se o caso dos cronogramas: foram analisadas quais as atividades estão no caminho crítico do planejamento do desenvolvimento da engenharia e quais estão no caminho crítico do planejamento da construção. Não se discute neste estudo se os produtos estão ou não com um nível de detalhamento adequado. Isso significa que se partiu do pressuposto que as entregas de engenharia atendem à etapa de desenvolvimento do projeto para se realizar uma análise em termos de custos de construção, prazo de desenvolvimento do projeto e prazo de construção.

Em se tratando do impacto nos custos de construção a análise foi realizada observando quais as disciplinas têm maior impacto no investimento de engenharia, ou seja, foram avaliadas as planilhas de quantitativos e custos desenvolvidas pelas empresas projetistas em conjunto com o empreendedor. Foram identificadas quais as disciplinas mais relevantes neste aspecto, ou seja, que têm maior impacto no CAPEX do empreendimento.

Para a análise do impacto no prazo de desenvolvimento do projeto, ou seja, na engenharia conceitual, foram considerados os cronogramas desenvolvidos para acompanhar o desenvolvimento das atividades de engenharia, inclusive as atividades de campo como topografia e sondagens.

O impacto no prazo de construção foi avaliado em função dos cronogramas estimados para a implantação do empreendimento. Ressalta-se que, uma vez que os empreendimentos objeto deste estudo ainda não tiveram sua construção iniciada, não é possível avaliar a aderência do realizado com o planejado para a construção.

Da etapa de análise de produtos foram considerados os relatórios de análise técnica, análise de maturidade e demais relatórios que contemplam a avaliação dos produtos de engenharia na etapa de FEL2.

O detalhamento dos documentos e a análise da existência ou não de cada um deles encontra-se no Anexo 1.

### 5.3 Análise dos dados

Conforme descrito no capítulo 4 as disciplinas serão comparadas em função do impacto de cada uma na execução e no desenvolvimento dos casos. A relevância será definida em função dos seguintes critérios:

- maior custo de construção;
- maior impacto no caminho crítico do planejamento da construção;
- maior impacto no caminho crítico do desenvolvimento do projeto.

A análise da relevância das disciplinas em função do impacto no caminho crítico do planejamento da construção significa identificar as disciplinas que não possuem folga na estimativa de cronograma para a construção do empreendimento. A relevância neste aspecto é, portanto, determinada em função do maior tempo de execução da atividade que não possui folga no cronograma de construção.

O impacto no caminho crítico no desenvolvimento do projeto está relacionado ao desenvolvimento da engenharia conceitual, ou seja, as disciplinas com potencial de causar atrasos no desenvolvimento da engenharia na etapa de FEL-2 foram consideradas mais relevantes. A relevância neste aspecto é, portanto, determinada em função do maior tempo de desenvolvimento da atividade que não possui folga no cronograma de desenvolvimento do projeto conceitual.

Em se tratando do impacto nos custos de construção a análise se deu observando quais as disciplinas têm maior impacto no investimento de engenharia, ou seja, foram avaliadas as planilhas de quantidades e custos desenvolvidas pelas empresas projetistas em conjunto com o empreendedor. Foram identificadas quais as disciplinas mais relevantes neste aspecto. A relevância deste aspecto é determinada em função do maior valor orçado para a disciplina em relação ao total de custos estimados para a engenharia.

Na análise do impacto no prazo de desenvolvimento do projeto, ou seja, na engenharia, foram considerados os cronogramas desenvolvidos para acompanhar as atividades de engenharia, inclusive as atividades de campo como topografia e sondagens. Vale salientar que não foi objetivo deste estudo avaliar a concordância do realizado com o que foi planejado.

O impacto no prazo de construção foi avaliado em função dos cronogramas estimados para a implantação do empreendimento. Ressalta-se que, uma vez que os empreendimentos objeto deste estudo ainda não tiveram sua construção iniciada, não foi possível avaliar a aderência do realizado com o planejado para a construção.

Para possibilitar a análise dos dados foi adotada a convenção estabelecida na Tabela 3.1 para as disciplinas de engenharia em um projeto ferroviário. Essa convenção foi elaborada com base na revisão bibliográfica deste trabalho.

#### 5.3.1 Custos de implantação

Na análise dos custos de implantação foram considerados os custos de materiais e serviços sem considerar os custos indiretos do construtor (BDI), os custos indiretos do empreendedor (*Owner Cost*) e nem os custos relacionados às

incertezas e imprecisão do projeto. Os valores utilizados nos orçamentos foram obtidos no banco de dados do empreendedor, em referências de projetos executados e cotações.

Considerando o item custos de construção como possível critério de priorização das atividades, foram estimados os custos para os quatro casos estudados. Os seguintes documentos do empreendedor foram utilizados nessa análise:

- PX-1100BZ-B-00101\_REV 0 – Planilha e relatório de estimativa de custos para a construção das ferrovias dos casos 1 e 2.
- 607643-0333ET-0D610-SDT3-0001\_00 – Planilha de estimativa de custos para a construção da ferrovia do caso 3.
- PQ-2530KF-B-00350\_REV\_0 e RL-2530KF-G-00020 – Planilha e relatório de estimativa de custos para a construção da ferrovia do caso 4.

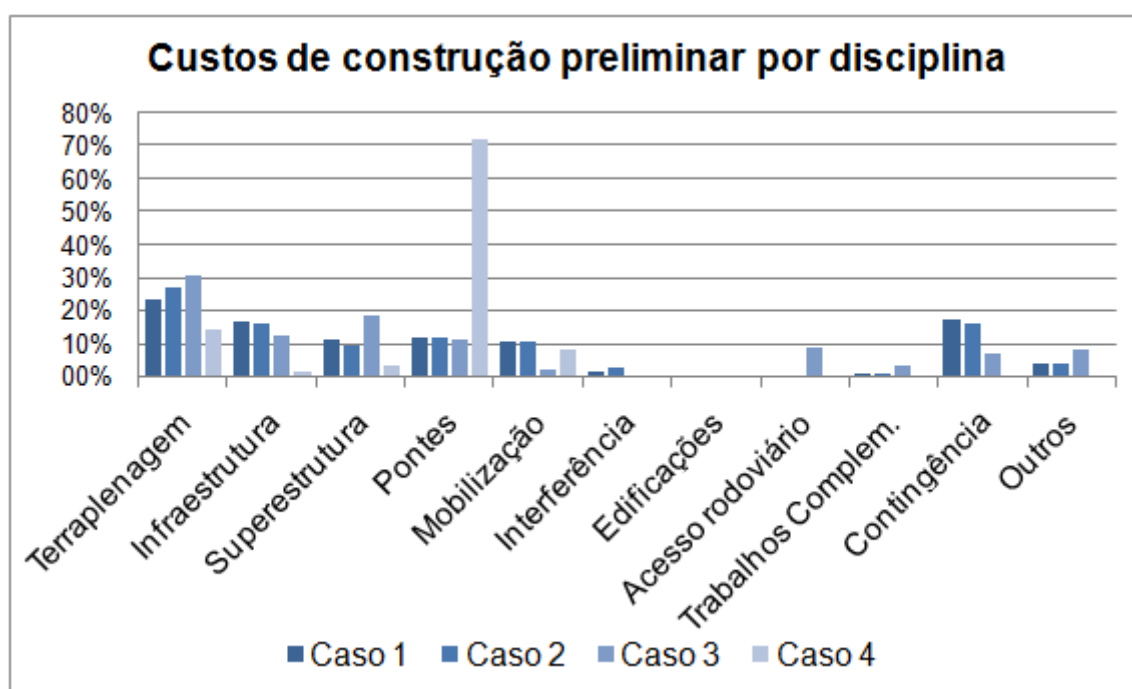
As planilhas citadas acima contêm a relação de itens, as quantidades e os preços estimados para cada insumo e serviços de obra necessários à construção do empreendimento.

Os relatórios descrevem os insumos, os serviços e os métodos construtivos a serem utilizados na implantação do empreendimento.

A descrição do conteúdo de cada um desses documentos é apresentada no Anexo 1.

No presente trabalho os custos são analisados em percentual para manter o sigilo dos dados financeiros do empreendedor. A Figura 5.3 apresenta um gráfico com o percentual de cada disciplina em relação ao custo total de engenharia para a construção das ferrovias.

**Figura 5.3 – Estimativa dos custos de construção por disciplina**



Observa-se que a disciplina mais relevante em termos de custos de construção para os casos 1, 2 e 3 é a “Terraplenagem”, sendo que o impacto estimado para esta disciplina variou de 23% a 31% conforme observado no gráfico da Figura 5.3.

Para o caso 3 observa-se no mesmo gráfico que as disciplinas de “Terraplenagem”, “Superestrutura” e “Infraestrutura” somadas representam aproximadamente 60% do valor estimado, comportamento que se repete nos projetos da etapa de FEL-2 dos casos 1 e 2.

Para auxiliar a análise dos dados são apresentados da Figura 5.4 até a Figura 5.7, os gráficos para cada caso estudado mostrando a representatividade de cada disciplina em termos de percentual.

**Figura 5.4 – Custos preliminar de construção – Caso 1**

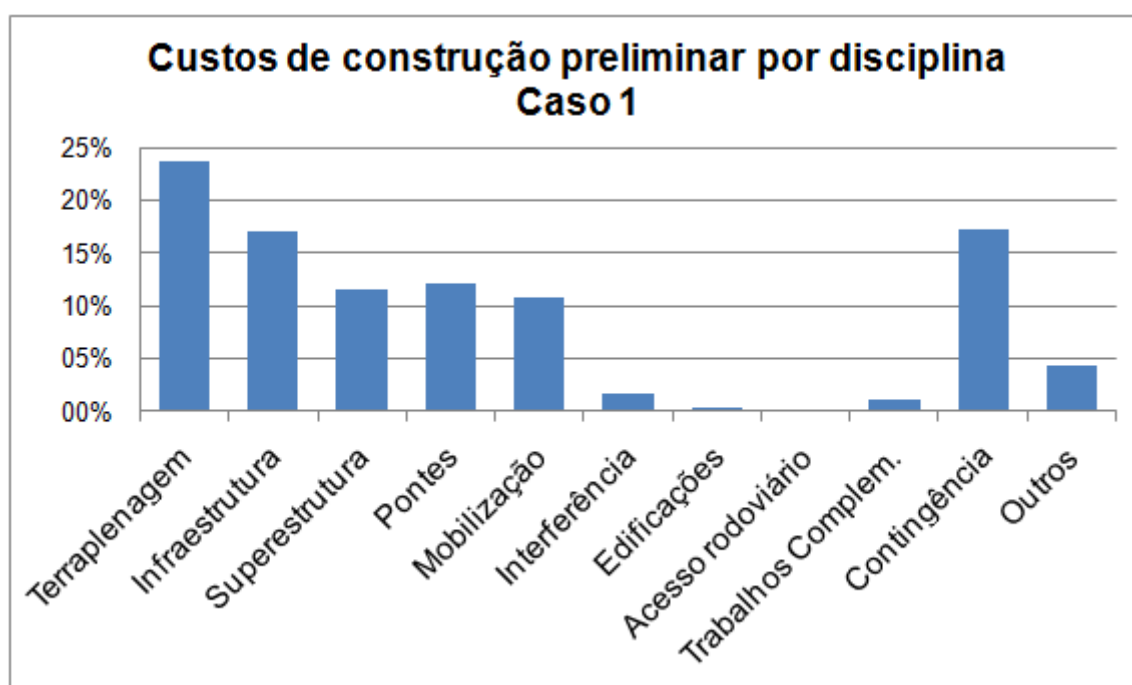


Figura 5.5 – Custos preliminar de construção – Caso 2

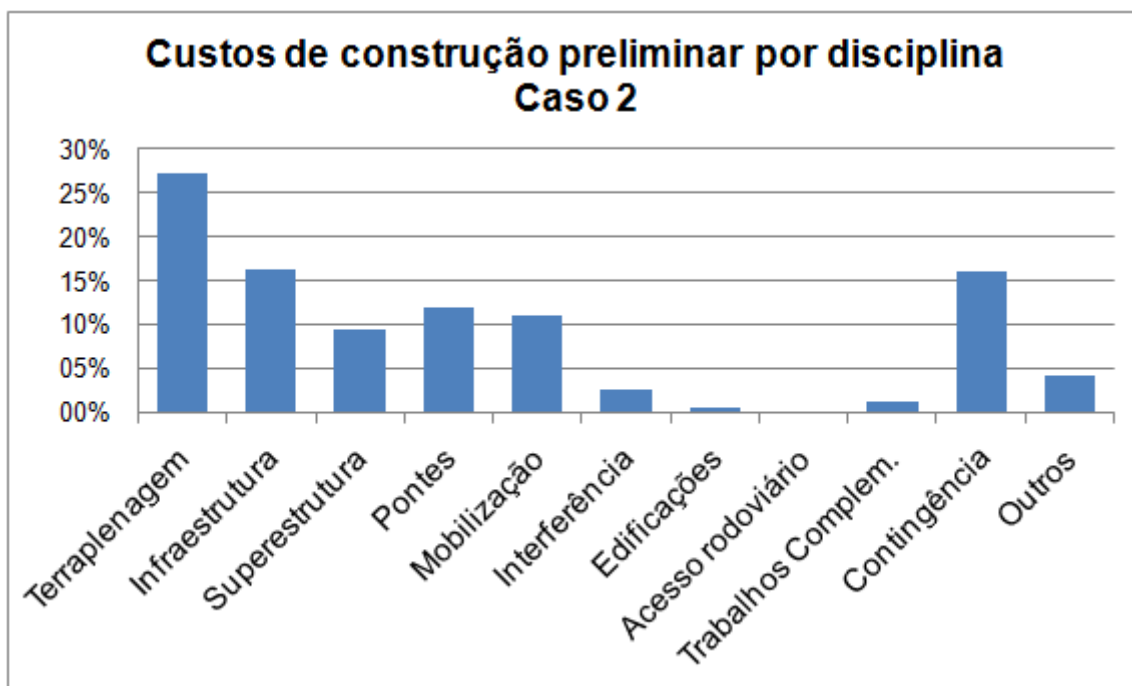
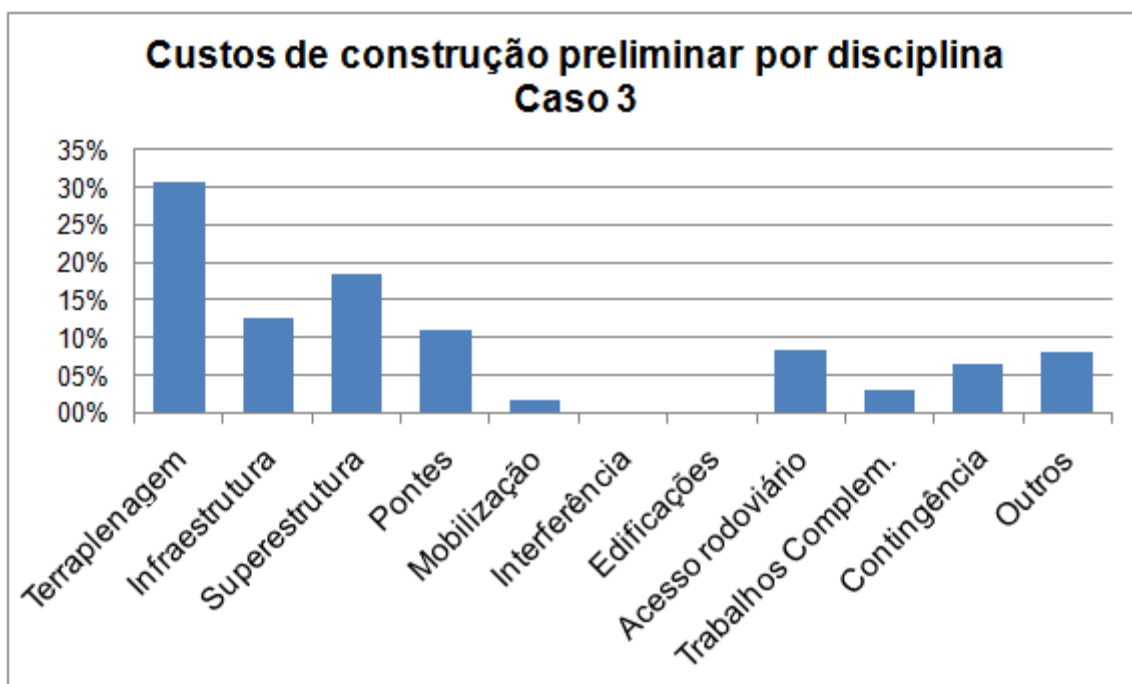
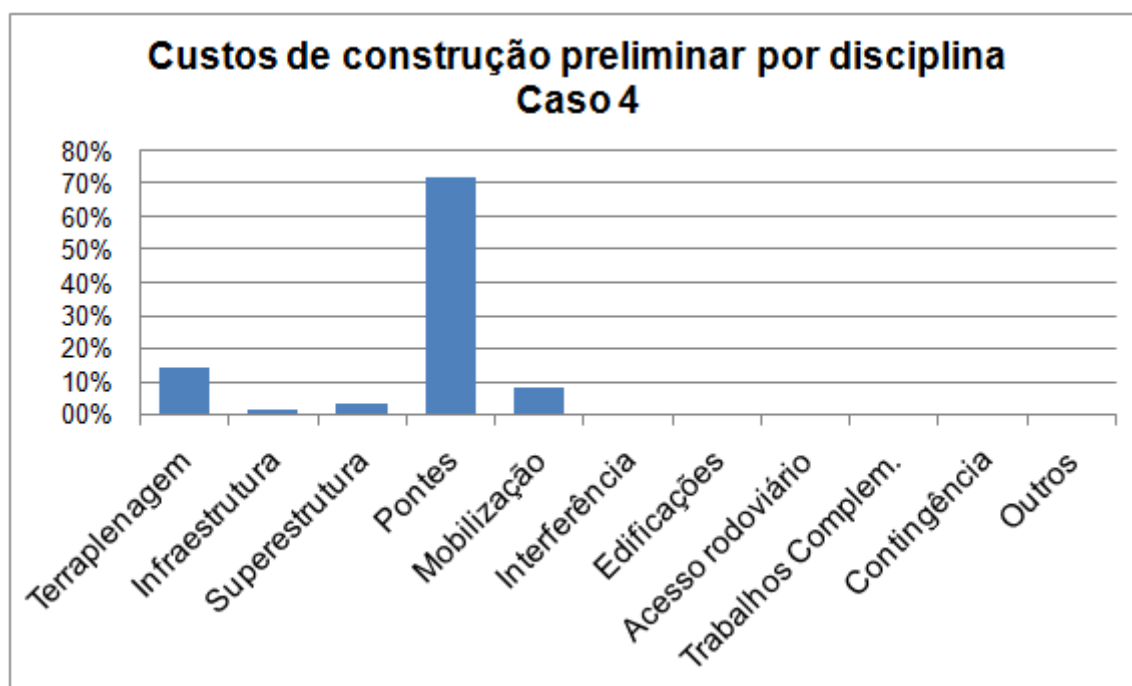


Figura 5.6 – Custos preliminar de construção – Caso 3



**Figura 5.7 – Custos preliminar de construção – Caso 4**



Para o projeto do caso 4 pode-se observar na Figura 5.7 que a disciplina “Pontes” é responsável por cerca de 70% dos custos de construção e mesmo sendo este um projeto com características diferentes dos demais, a disciplina “Pontes” é seguida por “Terraplenagem” (15%), “Mobilização” (8%) e “Superestrutura” (4%).

Neste caso, a disciplina “Mobilização” contempla as instalações para “Canteiros de obras” e custos relacionados à logística para deslocamento de máquinas, equipamentos e mão de obra até o local para o início das obras.

Nota-se uma variação significativa dos custos de construção em algumas disciplinas dos casos 1, 2 e 3 como, por exemplo, “Infraestrutura” em que a variação é aproximadamente entre 10% e 20%, ou seja, os custos de construção deste item chegaram a variar cerca de 10% entre os projetos com características similares. A disciplina “Terraplenagem” também teve uma variação significativa de 7% o que, para a disciplina de maior peso em termos de custos de construção significa grande montante de investimento.

As variações identificadas acima provavelmente ocorrem em função da variação da topografia e de outros parâmetros geológicos e geotécnicos em que cada ferrovia se desenvolve. Outro fator que provavelmente tem impacto nesta variação significativa de custos das disciplinas de “Infraestrutura” e “Terraplenagem” é a diferença da base de dados utilizada para o projeto como, por exemplo, a quantidade de furos e pesquisas de sondagem geotécnica realizada em campo como pode ser visto nos relatórios MD-1100BZ-X-00304 (relatório de investigação geotécnica dos casos 1 e 2) e RL-2000ZM-G-00002 (relatório de engenharia básica do caso 3).

O caso 3, por estar em estágio mais avançado de projeto em relação às ferrovias dos casos 1 e 2, possuía dados mais avançados como, por exemplo,

topografia e levantamentos geológicos, geotécnicos e de ocorrências geográficas feitos em campo.

Observa-se que para as disciplinas que representam grande parte dos custos de construção se torna mais importante desenvolver estudos com maior precisão, pois uma vez que o erro ou variação associada se torna menor, a previsibilidade do orçamento como um todo será melhor.

O conjunto dos gráficos apresentados mostra que para projetos de natureza e características semelhantes há a tendência de serem as mesmas disciplinas as mais relevantes em termos de custos de construção, mesmo quando se varia as características de um projeto de mesma natureza como ocorre no caso 4.

As disciplinas mais relevantes em termos de custos de construção identificadas são:

- Terraplenagem;
- Infraestrutura;
- Superestrutura;
- Pontes.

Provavelmente, as causas de serem essas as disciplinas mais relevantes em termos de custos de construção estão relacionadas às grandes quantidades de materiais, equipamentos e recursos humanos envolvidos na execução de suas atividades dos casos analisados, o que compõe os custos das atividades como pode ser observado nas planilhas de estimativa de quantidades e preços listadas no Anexo 1.

A análise nesta seção é baseada na estimativa de orçamento de construção e não identifica os custos relacionados a todas as disciplinas que compõe o desenvolvimento do projeto.

Isso significa que para as disciplinas de projeto como, por exemplo, a “Análise e definição das diretrizes de traçado”, não é possível determinar os custos de construção, contudo essas disciplinas impactam nas disciplinas mensuráveis, ou seja, mesmo as disciplinas não mensuráveis devem ser consideradas relevantes em termos de impacto nos custos de construção uma vez que os seus produtos de projeto impactam disciplinas relevantes neste aspecto.

Dessa forma, em termos de projetos, os produtos de engenharia para as disciplinas “Terraplenagem”, “Infraestrutura”, “Superestrutura” e “Pontes” elencadas anteriormente, são impactados pela qualidade dos dados e produtos das disciplinas diretamente relacionadas, as quais são:

- Análise e definição das diretrizes de traçado;
- Caracterização geral complementar da região em estudo;
- Topografia;

- Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2;
- Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*);
- Hidrologia;
- Projeto geométrico;
- Áreas de empréstimos;
- Áreas de disposição de material excedente.

Nos casos 1, 2 e 3, os quais são similares nos aspectos físicos, de localização e em aspectos socioeconômicos como pode ser observado nos relatórios de engenharia e caracterização ambiental e socioeconômica, observa-se que as disciplinas tendem a ter um mesmo comportamento em relação aos custos de construção conforme pode ser observado na Figura 5.3.

Observa-se ainda que as disciplinas que apresentaram baixo impacto em termos de custos nos casos 1 e 2 foram “Trabalhos complementares”, “Acessos rodoviários para manutenção” e “Edificações e instalações fixas”.

Isso ocorre, provavelmente, devido aos mesmos motivos listados para as disciplinas que tem alto impacto, que são o menor volume e custos unitários dos recursos materiais, equipamentos e humanos associados à construção das atividades dessas disciplinas.

Este comportamento não se manteve no caso 3 que, apesar de possuir características similares de localização, físicas e socioeconômicas, já se encontrava na etapa de FEL3. O fato de o projeto encontrar-se em FEL-3 levou ao dimensionamento e projeção, por exemplo, dos acessos rodoviários para manutenção.

No caso 3, a disciplina de “Acessos rodoviários para manutenção” representou 9% do orçamento da construção, ou seja, se mostrou relevante para o projeto em termos de custos de construção. Esta disciplina não foi abordada nos casos 1 e 2, contudo, pela similaridade dos casos 1, 2 e 3 espera-se que a disciplinas em questão deveria ter sido tratada já em FEL-2 visando aumentar a assertividade do orçamento ao final desta etapa.

Este fenômeno específico observado na disciplina de “Acessos rodoviários para manutenção” aconteceu no caso 3 e provavelmente aconteceria nos projeto dos casos 1 e 2, uma vez que se trata de projetos *greenfield*, ou seja, para esses projetos seria necessária a construção de acessos ao longo de toda sua extensão.

Em contraste com os casos 1, 2 e 3, o caso 4, por sua vez, encontra-se em área urbana, ou seja, espera-se que a disciplina de acessos rodoviários não seja relevante em termos de custos de construção uma vez que os acessos à região são existentes e apenas complementos são necessários.

Para o caso 4 as disciplinas “Trabalhos complementares”, “Acessos rodoviários para manutenção” e “Edificações e instalações fixas” novamente

apareceram como disciplinas de baixo impacto em termos de custos de construção. Neste caso a disciplina “Interferências” também aparecerá como de baixo impacto.

Ressalta-se que a definição resumida de cada disciplina citada pode ser encontrada na Tabela 3.1 localizada na página 42 deste trabalho.

Na Figura 5.3 e na Figura 5.7 ainda é possível observar que a relevância da disciplina “Infraestrutura” para o projeto do caso 4 é baixa (em torno de 2%), enquanto que para os demais projetos essa mesma disciplina variou de 12% a 17% dos custos de construção (Figura 5.4, Figura 5.5 e Figura 5.6).

A disciplina “Infraestrutura”, no caso 4, teve pouca relevância em termos de custos de construção, o que ocorreu provavelmente porque a disciplina “Pontes” foi a mais relevante (70% dos custos), ou seja, neste caso os custos das demais disciplinas foram diluídos e passaram a ser menos relevantes.

Espera-se que este tipo de comportamento das disciplinas aconteça para casos em que os trechos de ferrovia sejam curtos e ocorram estruturas específicas como pontes, túneis, instalações fixas, dentre outros dentro do empreendimento.

Isso mostra que há uma variação significativa de relevância de disciplinas em termos de custos de construção em função das características do projeto e é esperado, por analogia, que também haja este tipo de variação para projetos de naturezas diferentes.

Ainda que o conjunto de dados estudados não permita generalizações, sugere-se que não é possível estabelecer padrões que abranjam todos os tipos de natureza e características de projeto, o que nos leva a concluir sobre a necessidade de avaliar cada caso para, com base nos riscos e tendências identificados, estabelecer um plano de trabalho que foque nas disciplinas mais relevantes.

Observou-se nos documentos de engenharia que o projeto do caso 3 não considerou a existência de “Edificações e instalações fixas”, mesmo essas instalações sendo necessárias. Para os projetos dos casos 1 e 2 os custos de construção dessa disciplina foram baixos (em torno de 0,25%). Já o projeto do caso 4 não havia a necessidade de “Edificações e instalações fixas”.

De uma maneira geral pode ser observado na análise dos dados acima que os projetos com características semelhantes como o caso 1, 2 e 3 tendem a ter as disciplinas com um mesmo comportamento em relação aos custos de construção, enquanto que projetos com características diferentes, como é o caso 4, tende a ter um comportamento diferente das disciplinas em termos de custos de construção.

Isso ocorre provavelmente em função das quantidades e dos custos dos materiais, equipamentos e recursos humanos envolvidos na execução das atividades de cada disciplina.

Para os casos 1, 2 e 3 observou-se que há a tendência de que as disciplinas “Terraplenagem” e “Infraestrutura” sejam as mais impactantes, enquanto que no caso 4 a disciplina de “Pontes” representou sozinha cerca de 70% dos custos de construção.

Foi possível observar ainda que mesmo para o caso 4 a disciplina “Terraplenagem” teve grande relevância, sendo o seu percentual menor apenas do que da disciplina “Pontes”. É importante salientar que em nenhum dos casos houve a ocorrência de “Túneis”, o que não significa que a disciplina deve ser considerada de baixa relevância.

Isso mostra que não é possível estabelecer regras genéricas para todos os tipos de projeto em função da possibilidade de grande variação de características dos mesmos, o que leva à necessidade de se avaliar cada caso antes do início de seus trabalhos.

Dessa forma alguns critérios podem ser estabelecidos para auxiliar na definição do escopo a ser desenvolvido na etapa de FEL-2 de projetos lineares.

Os dados dos custos de construção analisados apontam para que a disciplina “Terraplenagem” tende a ser crítica na maior parte dos casos, o que implica em aumentar os esforços nesta etapa para as disciplinas “Análise e definição das diretrizes de traçado”, “Topografia”, “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2”, “Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*)”, “Terraplenagem”, “Áreas de empréstimo”, “Áreas de disposição de materiais excedentes” e “Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico”.

Por outro lado foi possível observar que há casos de disciplinas relevantes que não foram tratados na etapa de FEL-2 como a disciplina de “Acessos rodoviários para manutenção”.

Algumas disciplinas como “Edificações e instalações fixas” e “Trabalhos complementares” não foram relevantes em termos de custos de construção para estes projetos. Nestes casos há a possibilidade de não se detalhar os projetos destas disciplinas, mas apenas definir o conceito e incluir verbas estimadas por índices de outros projetos na estimativa de custos de construção em FEL-2.

Essa decisão implicaria em direcionar o mínimo de recursos humanos e financeiros para os estudos das disciplinas com baixa relevância na etapa de FEL-2. Conseqüentemente, a equipe de projetos concentraria sua atenção em questões relevantes para o projeto em termos de custos de construção.

### **5.3.2 Impacto no caminho crítico do planejamento da construção**

O levantamento das informações para análise da relevância das disciplinas na fase de FEL 2 no que diz respeito ao impacto no caminho crítico, do ponto de vista do planejamento da construção do empreendimento, baseou-se nos cronogramas elaborados para a implantação das ferrovias estudadas.

Estes cronogramas foram elaborados por equipes multidisciplinares do próprio empreendedor e das empresas projetistas, e envolvem todas as etapas de implantação do empreendimento, inclusive aquelas que não estão diretamente relacionadas ao escopo de engenharia como, por exemplo, licenciamento ambiental.

Os cronogramas foram elaborados estimando-se os prazos das atividades das disciplinas dos projetos com base na experiência dos profissionais pertencentes ao quadro de funcionários do empreendedor e das empresas projetistas envolvidas.

Os documentos utilizados para análise do impacto das disciplinas no caminho crítico do planejamento da construção foram os seguintes:

- 03\_N1550\_Cronogr. Casos 1 e 2\_01.12.10 – Cronograma de desenvolvimento de projetos e construção dos casos 1 e 2 elaborado utilizando o software MS Project.
- PX-2005ZM-G-00003 – 00 – Cronograma de construção do caso 3 elaborado utilizando o software MS Project.
- Anexo 06 do RL-2530KF-G-00603 – Cronograma de construção do caso 4 elaborado utilizando o software Primavera P6.

Os cronogramas citados possuem a lista de atividades com a relação de predecessoras e sucessoras, bem como a duração das atividades esperadas conforme descrito anteriormente.

Não foi localizada nos cronogramas a relação de recursos de nenhum tipo direcionados para a execução das atividades da construção, ou seja, os cronogramas não foram elaborados carregando os recursos estimados para cada atividade.

Para determinar as disciplinas prioritárias em relação ao planejamento da construção foram consideradas apenas as atividades que compunham o caminho crítico.

Para os casos 1, 2 e 3 os cronogramas desenvolvidos não apresentaram um nível de informações que permitisse a análise detalhada do impacto de cada disciplina na construção, pois as estimativas de tempo foram separadas apenas em “desenvolvimento do projeto detalhado”, “aquisição de terras”, “construção da infraestrutura” e “montagem da superestrutura ferroviária”.

Neste caso o caminho crítico considerado para a implantação foi “Superestrutura”, sendo o tempo estimado para esta atividade igual a 600 dias para o caso 1 e 300 dias para o caso 2. O tempo estimado para construção de toda as estruturas dos casos 1 e 2 foi de 1.769 dias.

Para o caso 3 o caminho crítico considerou a implantação da montagem da superestrutura ferroviária, sendo o tempo estimado para a sua construção igual a 370 dias.

Nota-se que mesmo o cronograma para o projeto que se encontrava em FEL-3 (caso 3) aponta para as atividades de montagem da superestrutura como parte do caminho crítico. Além desta disciplina aparecem a terraplenagem de trecho da ferrovia a ser construída e as etapas de teste e comissionamento de todo o projeto.

Avalia-se que a etapa de comissionamento aparece no caminho crítico por ser a última etapa sob responsabilidade da equipe de projeto, ou seja, ela só pode ser

executada após a conclusão de todas as etapas anteriores e, portanto, não há folga em seu prazo de execução.

A atividade de montagem da superestrutura para projetos com características similares às das ferrovias dos casos 1, 2 e 3 tende a ser relevante como observado anteriormente e, portanto, sugere-se que a mesma deve ser tratada especialmente sob o aspecto de suprimento logístico e fabricação no local do material a ser utilizado na montagem para projetos com características similares.

A disciplina “Terraplenagem” também aparece no caminho crítico do cronograma da ferrovia do caso 3, o que sugere que essa disciplina também deve ser considerada relevante sob o aspecto de prazo de construção na etapa de FEL-2.

Para o caso 4 o cronograma de construção do empreendimento apontou as seguintes atividades como sendo parte do caminho crítico:

- a) Mobilização inicial de pessoal e equipamentos;
- a) Instalação do canteiro de obras para a terraplenagem e obras civis;
- b) Abertura de acesso rodoviário para alcance ao leito do rio;
- c) Execução das fundações em estaca de 30 pilares;
- d) Construção do pilar 1;
- e) Construção do pilar 2;
- f) Solda do último trecho de vigas;
- g) Toda a etapa de construção da laje;
- h) Remoção de lastro em trecho da linha existente;
- i) Construção e preparo para operação da superestrutura no trecho sobre a ponte;
- j) Implantação de marcos quilométricos para implantação do sistema de sinalização ferroviária.

Neste caso os itens d, e, f, g e h pertencem à disciplina “Pontes”. Os demais itens pertencem às disciplinas “Canteiro de obras” (a e b), “Acessos rodoviários para manutenção” (c), “Superestrutura” (i e j) e “Telecomunicação e automação” (k).

Nota-se que há uma tendência de o caminho crítico para a construção das obras com características semelhantes ser composto pelas mesmas disciplinas (neste caso a “Superestrutura”). Contudo, observa-se também que apesar da não coincidência das disciplinas do caminho crítico entre os projetos dos casos 1, 2, 3 e 4, os quais possuem características diferentes, a disciplina “Superestrutura” volta a aparecer neste último.

Para o caso 4 a maioria das atividades no caminho crítico está ligada à disciplina “Pontes”, o que possivelmente indique alta relevância desta disciplina em relação ao planejamento da construção.

As demais disciplinas que apareceram neste caso indicam que atividades de implantação das estruturas para o início da construção serão relevantes em termos de impacto no planejamento da construção.

Diante dessas constatações observa-se que não basta focar os recursos e esforços na projeção das disciplinas envolvidas.

A análise sugere que para as disciplinas com alto potencial de impacto no prazo de construção deve ser dada atenção especial focando recursos para buscar as melhores soluções construtivas, ou seja, é tão importante estudar a construtibilidade e definir os aspectos tecnológicos e de suprimentos para a obra quanto projetar e dimensionar essas disciplinas em FEL-2, ou seja, neste caso a disciplina de “Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*)” passa a ser relevante para o aumento da qualidade dos produtos de engenharia visando melhorar a previsibilidade da etapa de construção.

A observação acima converge com o pensamento de Slack *et al* (2010) e Jhan e Iyer (2007).

Vale ressaltar que deve ser levada em conta a influência entre as disciplinas durante a construção do empreendimento como, por exemplo, a influência em termos de prazo da construção das pontes ou da execução da terraplenagem na construção da superestrutura ferroviária.

Da mesma forma que para as atividades de custos de construção mais relevantes, as atividades que pertencem ao caminho crítico da construção devem ter atenção especial, principalmente quando o foco do projeto ou *driver* do projeto for a redução do prazo para entrar em operação.

### **5.3.3 Impacto no caminho crítico do desenvolvimento do projeto**

O levantamento das informações deste item baseou-se nos cronogramas elaborados para o desenvolvimento dos projetos das ferrovias estudadas. Estes cronogramas foram elaborados por equipes multidisciplinares do empreendedor e das empresas projetistas e compunham os planos de trabalho de cada projeto.

Os cronogramas foram elaborados estimando-se os prazos das atividades das disciplinas dos projetos com base na experiência dos profissionais do empreendedor e das empresas projetistas envolvidas.

Equipes multidisciplinares foram formadas para a inserção de dados diretamente relacionados às atividades de engenharia.

Os documentos utilizados para análise do impacto das disciplinas no caminho crítico do planejamento do projeto de engenharia foram os seguintes:

- CR-2001SI-F-0Z0001 Rev A – Cronograma de desenvolvimento do projeto de engenharia dos casos 1 e 2 elaborado utilizando o software MS Project.
- Caso 3 - Cronograma - Empreendedor - Fase 1 – Cronograma de desenvolvimento do projeto da ferrovia do caso 3 elaborado utilizando o software MS Project.
- Cronograma – Caso 4 - 2011.04.20 – Cronograma de desenvolvimento do projeto da ferrovia do caso 4 elaborado utilizando o software Primavera P6.

Os cronogramas citados possuem a lista de atividades com a relação de predecessoras e sucessoras, bem como a duração das atividades esperadas conforme descrito anteriormente.

Não foi localizada nos cronogramas a relação de recursos de nenhum tipo direcionados para a execução das atividades de engenharia.

Para determinar as disciplinas prioritárias em relação ao planejamento da construção foram consideradas apenas as atividades que compunham o caminho crítico.

O cronograma de desenvolvimento do projeto conceitual para os casos 1 e 2 apontou as seguintes atividades como sendo parte do caminho crítico da etapa de FEL-2:

- a) Levantamento topográfico utilizando aviões;
- b) Tratamento dos dados topográficos;
- c) Otimização do traçado estudado com dados topográficos de menor precisão;
- d) Definição dos critérios de projetos das instalações fixas;
- e) Desenvolvimento dos projetos de instalações fixas.

Para a etapa de FEL-2 dos casos 1 e 2 observou-se que a disciplina de “Topografia” foi a mais relevante em função de apresentar três atividades (a, b e c) dentre as cinco críticas, somando o maior período estimado para o projeto. Ainda aparecem duas atividades críticas da disciplina “Edificações e instalações fixas” (d e e).

Já o cronograma de desenvolvimento do projeto básico para o caso 3 apontou as seguintes atividades como sendo parte do caminho crítico da etapa de FEL-3:

- a) Levantamento topográfico utilizando aviões;
- b) Definição dos critérios e premissas de projetos;
- c) Abertura de acessos para sondagens;
- d) Realização de sondagens;
- e) Simulação do projeto geométrico;
- f) Projeto de terraplenagem;
- g) Projeto de acessos rodoviários.

Para a etapa de FEL-3 observou-se que a disciplina “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2” passa a ser mais relevante em função de apresentar três atividades (c, d e e) dentre as seis críticas identificadas.

No caso 3 também aparecem atividades das disciplinas “Topografia” (a), “Análise e definição das diretrizes de traçado” (b), “Terraplenagem” (f) e “Acessos rodoviários para manutenção” (g).

O planejamento do projeto para o caso 4 apresentou um cronograma que apontou as seguintes atividades como parte do caminho crítico da etapa de FEL-2:

- a) Execução dos serviços sondagens geotécnicas;
- b) Estudos Geológico-Geotécnicos;
- c) Estudos Geométricos;
- d) Estudos de Terraplenagem;
- e) Estudos de OAC, drenagem e contenções;
- f) Levantamento de Interferência;
- g) Levantamento de Aquisição e Desapropriação.

Para este projeto, com característica distinta, observa-se que a disciplina “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2” para o projeto conceitual em FEL-2 é a mais relevante em função de apresentar duas atividades (a e b) dentre as sete críticas.

No caso 4 também aparecem atividades das disciplinas “Projeto geométrico” (c), “Terraplenagem” (d), “Infraestrutura” (e), “Interferências” (f) e “Projeto para aquisição de áreas” (g).

A análise das atividades que compõem o caminho crítico dos projetos mostra que as atividades de campo como levantamento topográfico e levantamento geológico e geotécnico sempre estiveram presentes, o que leva à interpretação de que há a tendência dos serviços de campo das disciplinas “Topografia” e “Estudos geológicos geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2” serem os pontos críticos do desenvolvimento da engenharia conceitual.

Para as disciplinas que compõem o caminho crítico do desenvolvimento de um projeto sugere-se que suas atividades sejam antecipadas sempre que possível em relação ao início das demais atividades dos projetos.

No caso dos trabalhos de campo como levantamento topográfico, levantamento geológico e geotécnico, identificação de interferências dentre outros, sugere-se que sejam realizadas reuniões de equipes multidisciplinares antes do início da elaboração dos documentos de contratação dos serviços de engenharia para estabelecer a estratégia de liberação e execução desses serviços, visando antecipar a mobilização e execução dessas atividades pelas empresas projetistas.

A maior interação das equipes do projeto irá aumentar a eficiência e melhorar a qualidade da comunicação entre engenharia e demais setores responsáveis por providenciar as liberações legais para início dos serviços.

Sugere-se, portanto, que neste planejamento é necessário que haja a participação de profissionais com diversas características e conhecimento nos aspectos listados a seguir:

- a) O tipo de projeto a ser desenvolvido (ferrovia, rodovia, linha de transmissão, gasoduto, mineroduto, etc.);
- b) O local onde o empreendimento será construído, os costumes, comportamento, expectativas e influência da população no empreendimento;
- c) Exigências legais para os trabalhos que serão desenvolvidos;
- d) Sobre a metodologia de desenvolvimento do projeto, no caso a metodologia FEL;
- e) Análise de maturidade de projetos.

#### **5.4 Análise crítica dos casos estudados**

Com base nos dados apresentados nas seções 5.2 e 5.3 pode-se observar que há disciplinas que tendem a ser mais relevantes em projetos lineares, o que ficou caracterizado especialmente pela análise dos custos do projeto apresentado na Figura 5.3.

A análise dos dados permitiu visualizar no item 5.3 que as disciplinas mais relevantes em termos de custos de construção, impacto no caminho crítico da construção e do desenvolvimento do projeto variam em função das suas características, porém, projetos com características similares como foram os casos 1, 2 e 3 tendem a ter as mesmas disciplinas como as mais relevantes.

Notou-se que o fato de o caso 3 encontrar-se em estágio mais avançado de maturidade não implicou em variação das disciplinas mais relevantes, contudo foi possível verificar que houve a ocorrência da disciplina “Acessos rodoviários para manutenção” entre as disciplinas de pouca relevância, sendo que nos casos 1 e 2 essa disciplina não foi considerada.

A estimativa de custos para os “Acessos rodoviários de manutenção” no caso 3, a qual se encontrava em FEL-3, demonstra que esta é uma disciplina que pode vir a ser importante e com potencial de impacto nos custos de implantação.

Foi possível observar no item 5.3 que as disciplinas que não são mensuráveis em termos de custos do projeto, como é o caso da “Análise e definição das diretrizes de traçado”, “Topografia”, “Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*)”, “Projeto geométrico” e “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2” devem ser consideradas críticas, pois as mesmas impactam diretamente em disciplinas relevantes como “Terraplenagem”, “Infraestrutura”, “Pontes”, “Túneis”, dentre outras.

A disciplina “Terraplenagem” foi apontada como disciplina crítica para a etapa de projeto conceitual em FEL-2 na maioria dos aspectos avaliados, o que permite sugerir que essa tende a ser crítica para os projetos lineares.

Outras disciplinas foram consideradas de média a baixa relevância para a etapa de FEL-2 como é o caso de “Áreas de empréstimo” e “Áreas de deposição de material excedente” por estarem diretamente relacionadas à “Terraplenagem”.

Já disciplinas como “Túneis” e “Pontes” tendem a serem de alta relevância em casos de projetos com características específicas como observado na comparação entre o caso 4 e os demais casos.

Por exemplo, em projetos de grande extensão há uma tendência que essas disciplinas tenham sua relevância reduzida, contudo, caso ocorram em projetos de pequena extensão elas podem se tornar com alto grau de relevância como mostrou o estudo do caso 4, exemplificado pela ocorrência da ponte ferroviária em um projeto de apenas 7 quilômetros de extensão. O mesmo poderá ocorrer para a disciplina “Edificações e instalações fixas”.

A disciplina “Superestrutura” se mostrou importante em relação aos três aspectos analisados nos casos, mas especialmente em relação ao impacto no caminho crítico da construção essa disciplina apareceu em todos os casos estudados.

A “Infraestrutura” por sua vez se mostrou relevante especialmente em relação ao aspecto de custos de construção, porém, apresentou grande potencial de impacto nos prazos de desenvolvimento do projeto.

Sugere-se que algumas disciplinas sejam consideradas com tendência de média relevância, o que é o caso de “Hidrologia”, e “Acessos rodoviários para manutenção”. Essas disciplinas apresentaram impacto em algum dos aspectos analisados, contudo, não se destacaram e não apresentaram tendência de serem consideradas muito relevantes para a tomada de decisão ao final de FEL-2 em relação a outros aspectos avaliados.

Por fim, o grupo de disciplinas que se apresentaram como de baixo potencial para influenciar a tomada de decisão ao final de FEL-2 é formado por “Caracterização geral complementar da região em estudo”, “Serviços preliminares”, “Canteiro de obras”, “Interferências”, “Telecomunicação e automação”, “Paisagismo e serviços complementares”, “Projeto para aquisição de áreas” e “Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico”.

Baseado na análise dos casos estudados é proposto na Tabela 5.2 abaixo, a título de sugestão, e merecendo posterior comprovação a partir do estudo de outros casos, uma sequência de classificação (*ranking*) de importância das disciplinas adotadas como referência para o desenvolvimento de projetos lineares.

Às disciplinas foram atribuídas notas de 0 a 5 em relação a cada um dos três aspectos avaliados (custos de construção, prazo de desenvolvimento da engenharia e prazo de construção), sendo que quanto maior a nota, maior é a relevância da disciplina naquele aspecto.

A nota final atribuída a cada disciplina é a média aritmética das notas atribuídas a cada aspecto analisado na seção 5.3 e sugere-se que sejam utilizadas para definir os grupos de disciplinas prioritárias em cada projeto.

Ressalta-se que as notas apresentadas a seguir são uma proposta e devem ser reavaliadas para cada caso a ser desenvolvido em função da grande variedade de natureza e características de projetos lineares.

A Tabela 5.2 e a Tabela 5.3 apresentadas a seguir são sugestões que merecem estudos aprofundados para cada caso a fim de se obter um *ranking* de prioridades mais aplicado a um empreendimento futuro.

**Tabela 5.2 – Relevância das disciplinas nos casos estudados**

#	DISCIPLINA	CUSTOS DE CONSTR.	IMPACTO CAMIN. CRITICO EXECUÇÃO	IMPACTO NO CAMIN. CRITICO PROJETO	Nota do estudo de caso (média aritmética)
1	Análise e definição das diretrizes de traçado	5	4	5	4,67
2	Caracterização geral complementar da região em estudo	3	2	2	2,34
3	Topografia	4	4	5	4,34

#	DISCIPLINA	CUSTOS DE CONSTR.	IMPACTO CAMIN. CRITICO EXECUÇÃO	IMPACTO NO CAMIN. CRITICO PROJETO	Nota do estudo de caso (média aritmética)
4	Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2	4	4	5	4,34
5	Estudos e seleção de alternativas técnicas ( <i>Trade-offs</i> )	5	3	4	4,00
6	Hidrologia	3	2	3	2,67
7	Projeto geométrico	4	4	4	4,00
8	Serviços preliminares	0	0	0	0,00
9	Canteiro de obras	0	3	1	1,34
10	Terraplenagem	4	4	4	4,00
11	Pontes	4	4	3	3,67
12	Túneis	4	4	3	3,67
13	Interferências	2	3	2	2,34
14	Áreas de empréstimos	2	2	2	2,00
15	Áreas de disposição de material excedente	2	2	2	2,00
16	Edificações e instalações fixas	2	2	1	1,67
17	Infraestrutura	4	4	5	4,34
18	Superestrutura	4	5	2	3,67
19	Telecomunicação e automação	1	1	1	1,00
20	Acessos rodoviários para manutenção	2	2	1	1,67
21	Paisagismo e serviços complementares	0	0	0	0,00
22	Projeto para aquisição de áreas	3	3	2	2,67
23	Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico	3	3	4	3,34

\* Quanto maior o valor, maior a relevância da disciplina.

Deve ser encorajado o desenvolvimento de trabalhos e pesquisas no sentido de estabelecer métodos para essa análise de priorização de disciplinas.

Baseando-se nas notas atribuídas a cada disciplina em relação aos três aspectos analisados, sugere-se que as disciplinas sejam agrupadas em até 5 grupos por relevância (média aritmética das notas).

Sugere-se a divisão em grupos de relevância das disciplinas, os quais reuniriam as disciplinas de alta (grupo 1), média/alta (grupo 2), média (grupo 3), média/baixa (grupo 4) e baixa relevância (grupo 5) conforme os dados analisados nos estudos de caso. Recomenda-se o aprofundamento dos estudos incluindo os aspectos de complexidade de execução, segurança operacional e os riscos associados ao fornecimento dos serviços, insumos e materiais na obra.

Contudo, estes aspectos aparentam ser subjetivos e podem alterar significativamente a ordem de relevância das disciplinas consideradas para os projetos lineares.

Como sugestão, os grupos de relevância seriam definidos conforme as faixas a seguir:

- Grupo 1:  $4,00 < \text{Média das notas para os aspectos} < 5,00$
- Grupo 2:  $3,00 < \text{Média das notas para os aspectos} < 3,99$
- Grupo 3:  $2,00 < \text{Média das notas para os aspectos} < 2,99$
- Grupo 4:  $1,00 < \text{Média das notas para os aspectos} < 1,99$
- Grupo 5:  $0,00 < \text{Média das notas para os aspectos} < 0,99$

Sugere-se que o desenvolvimento do FEL-2 e a análise da maturidade ao final desta etapa seriam focadas no grupo 1, direcionando a maioria dos esforços e recursos do projeto para as disciplinas classificadas neste grupo. Sugere-se que para as disciplinas classificadas neste grupo seja, por exemplo, antecipadas o máximo de atividades possíveis da etapa de projeto básico (FEL-3).

As disciplinas classificadas nos grupos 2 e 3 teriam o tratamento esperado e já praticado para o FEL-2, enquanto que as disciplinas dos grupos 4 e 5 seriam incluídas no projeto em nível esperado para FEL-1, ou seja, a engenharia para as disciplinas pouco relevantes seria baseada em índices de outros projetos.

Com base na proposição de notas apontadas na Tabela 5.2, a ordem de relevância e os grupos das disciplinas para os casos estudados ficam como apresentado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Disciplinas ordenadas conforme sua relevância

Grupo	DISCIPLINA	CUSTOS DE CONSTR.	IMPACTO CAMIN. CRITICO EXECUÇÃO	IMPACTO NO CAMIN. CRITICO PROJETO	Nota do estudo de caso (média aritmética)
1	Análise e definição das diretrizes de traçado	5	4	5	4,67
1	Topografia	4	4	5	4,34
1	Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2	4	4	5	4,34
1	Infraestrutura	4	4	5	4,34
1	Estudos e seleção de alternativas técnicas ( <i>Trade-offs</i> )	5	3	4	4,00
1	Projeto geométrico	4	4	4	4,00
1	Terraplenagem	4	4	4	4,00
2	Pontes	4	4	3	3,67
2	Túneis	4	4	3	3,67
2	Superestrutura	4	5	2	3,67
2	Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico	3	3	4	3,34
3	Hidrologia	3	2	3	2,67
3	Projeto para aquisição de áreas	3	3	2	2,67
3	Caracterização geral complementar da região em estudo	3	2	2	2,34
3	Interferências	2	3	2	2,34
3	Áreas de empréstimos	2	2	2	2,00
3	Áreas de disposição de material excedente	2	2	2	2,00
4	Edificações e instalações fixas	2	2	1	1,67

Grupo	DISCIPLINA	CUSTOS DE CONSTR.	IMPACTO CAMIN. CRITICO EXECUÇÃO	IMPACTO NO CAMIN. CRITICO PROJETO	Nota do estudo de caso (média aritmética)
4	Acessos rodoviários para manutenção	2	2	1	1,67
4	Canteiro de obras	0	3	1	1,34
4	Telecomunicação e automação	1	1	1	1,00
5	Serviços preliminares	0	0	0	0,00
5	Paisagismo e serviços complementares	0	0	0	0,00

\* Quanto maior o valor, maior a relevância da disciplina.

### 5.5 Diretrizes para os estudos conceituais em projetos lineares relacionadas ao estudo de casos

Com base na análise dos casos estudados são propostas algumas diretrizes que poderiam nortear o planejamento de toda a etapa de desenvolvimento do projeto conceitual de engenharia na etapa de FEL-2 para projetos lineares.

A Tabela 7.2 apresenta a descrição detalhada de cada diretriz citada ao longo do trabalho.

As diretrizes poderão aumentar a eficiência dos trabalhos desenvolvidos e dessa forma melhorar a qualidade das decisões a serem tomadas para a passagem do portão dessa etapa.

Cabe salientar que as diretrizes propostas neste trabalho devem ser analisadas criticamente e seguidas quando aplicáveis ao caso do projeto que será desenvolvido. Por outro lado, compõem uma tentativa preliminar de esboçar diretrizes para a priorização de atividades, que merecerão posterior aperfeiçoamento e comprovação.

A análise da revisão bibliográfica em conjunto com a observação das disciplinas consideradas para os projetos ferroviários indica a Diretriz 1 descrita na Tabela 7.2.

Fundamentado nas observações da relevância das disciplinas realizadas no capítulo 5 são propostas algumas diretrizes visando aumentar a qualidade e a quantidade de informações que deverão ser obtidas para as disciplinas do grupo 1 (alta relevância) estabelecidas na Tabela 5.3.

A Diretriz 2 sugere ação específica para a disciplina pontes, visando reduzir a quantidade de intervenções físicas nos locais dos projetos e o aporte de recursos desnecessários quando dados suficientes estiverem disponíveis.

Sugere-se que as disciplinas dos projetos lineares sejam agrupadas por relevância como proposto na Tabela 5.3, da qual se extrai a Diretriz 3 .

Com base na Tabela 5.3 os grupos de disciplinas por relevância constituem a Diretriz 4 .

Fundamentado na ocorrência observada da disciplina acessos rodoviários para manutenção no item de custos de construção para a ferrovia 4, propõe-se a Diretriz 5 com o objetivo de buscar eventuais atividades que seriam desenvolvidas somente na etapa de FEL-3 de disciplinas que oferecem alto risco de impacto em um conjunto de aspectos do projeto, o que poderia reduzir a qualidade da tomada de decisão ao final do FEL-2.

A última diretriz proposta com base na observação do comportamento das disciplinas abrange a avaliação da maturidade do projeto ao final de FEL-2, para a qual se propõe levar em consideração o agrupamento por relevância das disciplinas para cada projeto específico conforme descrito na Diretriz 6 .

## 6 CONTRIBUIÇÃO DE ESPECIALISTAS PARA A PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES DE CONCEPÇÃO DE PROJETOS LINEARES

O objetivo do presente capítulo é apresentar os resultados e fazer a análise qualitativa dos dados obtidos pela execução de pesquisa do tipo *survey*, utilizando-se da técnica Delphi como descrito no capítulo 4 .

O método Delphi foi aplicado em duas etapas por meio de questionários acessados pelos participantes via internet.

A primeira etapa foi composta por um questionário extenso, o qual continha questões de diversas naturezas com o objetivo de caracterizar o perfil dos participantes e obter a opinião dos mesmos em relação à priorização de atividades em projetos lineares.

A segunda rodada foi composta por questionário simplificado com 6 perguntas que tinham o objetivo de confirmar algumas percepções e interpretações dos dados coletados na primeira rodada, seguindo as práticas da metodologia Delphi indicada no capítulo 3.

O formulário para a primeira rodada de perguntas e respostas foi elaborado dividindo-se as perguntas em 5 temas conforme descrito a seguir:

**Tema 1:** Projetos (Pergunta 01 à Pergunta 09).

**Tema 2:** FEL (Pergunta 10 e Pergunta 11).

**Tema 3:** Ferramenta para definição de escopo (Pergunta 12 e Pergunta 13).

**Tema 4:** Disciplinas de projeto (Pergunta 14).

**Tema 5:** Diretrizes para o planejamento da etapa de projeto conceitual (Perguntas 15 a 22).

O tema 1 continha as questões de identificação e de primeira impressão dos participantes sobre o desenvolvimento das disciplinas em projetos lineares.

A segunda parte abordou questões diretamente relacionadas à metodologia *Front-End-Loading* (FEL) com o objetivo de levantar a experiência do participante com o desenvolvimento de projetos seguindo essas metodologias.

O terceiro tema perguntou se os participantes conheciam alguma ferramenta que auxilia na definição do escopo ou programa de necessidades para projetos lineares com o simples objetivo de levantar ferramentas que possam ser utilizadas na priorização de atividades em projetos lineares.

O tema 4 solicitou que o participante atribuísse uma nota de 1 a 5, determinando um grau de importância de cada disciplina segundo a sua percepção em função da experiência vivida em projetos lineares.

O quinto e último tema solicitou que o participante atribuísse uma nota de 1 a 5, dizendo se concordava completamente (nota 5) ou se discordava completamente (nota 1) das afirmativas colocadas para análise.

Ao final do questionário foi aberto um campo na Pergunta 23 para que o participante inserisse comentários livres a respeito do tema em discussão.

O questionário da primeira rodada é apresentado detalhado no Anexo 2.

O questionário para a segunda rodada de perguntas e respostas continha 4 perguntas que visavam confirmar a percepção dos especialistas em relação ao tema 4 (perguntas 1, 2, 4 e 5), a pergunta 3 relacionada ao tema 1 e a pergunta 6 que estava relacionada ao tema 5 descritos anteriormente.

Foram disponibilizados ainda dois campos para os participantes se identificarem com o nome e e-mail para contato ao final do questionário da segunda rodada, o qual é apresentado detalhado no Anexo 3.

### **6.1 Formatação, comunicação e convite aos profissionais**

O questionário foi enviado, na primeira rodada, a 134 profissionais com potencial de contribuição, sendo que 47 participantes responderam ao questionário, o que representa participação de 35,1%.

Na segunda rodada, o questionário foi enviado a 37 profissionais que responderam que gostariam de receber o relatório de análise da primeira rodada. Desses, 21 profissionais responderam ao questionário, o que representa participação de 56,8%.

A maioria dos profissionais que responderam ao questionário é brasileiro (92%), engenheiro civil (68%), especialista (lato-sensu) (45%), com mais de 10 anos de experiência em projetos lineares (49%), sendo que 70% possuem experiência em projetos ferroviários e 47% em projetos rodoviários.

60% dos participantes têm experiência em desenvolvimento de projetos, e 47% possuem entre 5 e 10 anos de experiência com a metodologia FEL. 83% responderam que possuem familiaridade com os produtos de engenharia desenvolvidos em FEL-2.

Estes dados podem ser observados nos itens a seguir.

### **6.2 Respostas ao questionário da primeira rodada**

Os resultados para cada pergunta realizada aos participantes são apresentados nos itens em seguida.

#### **Pergunta 01**

- Informe o seu nome completo.

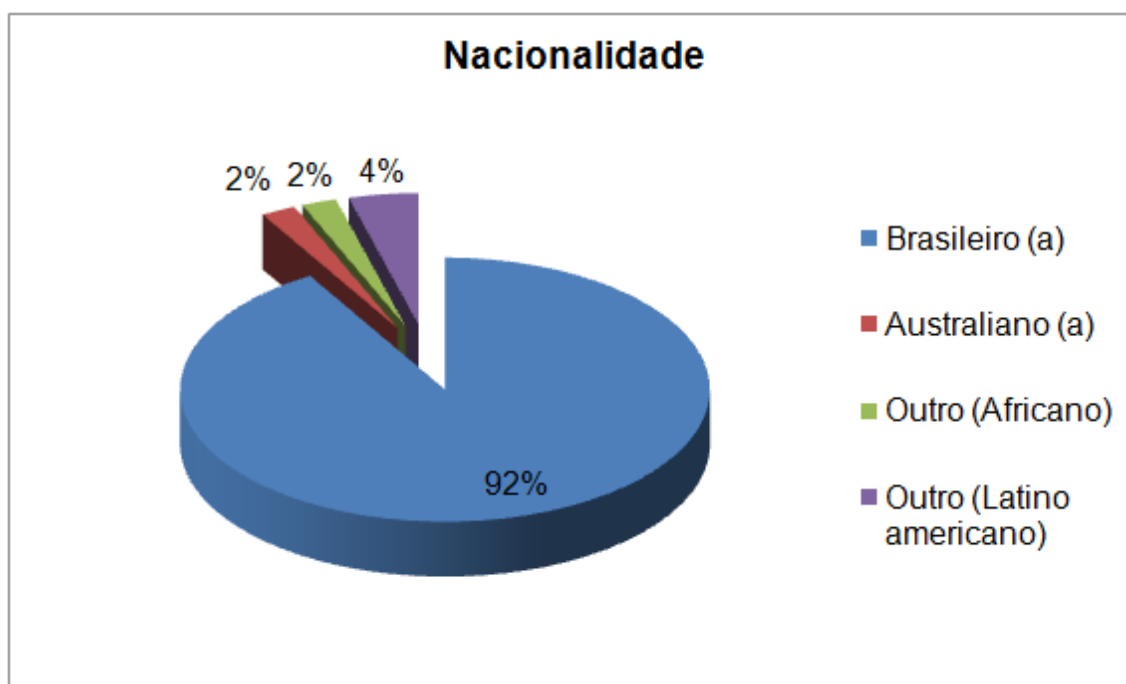
Os nomes dos participantes serão mantidos em sigilo.

### **Pergunta 02**

- Informe sua nacionalidade.

Participaram da primeira rodada profissionais em maioria de nacionalidade brasileira como pode ser observado na Figura 6.1.

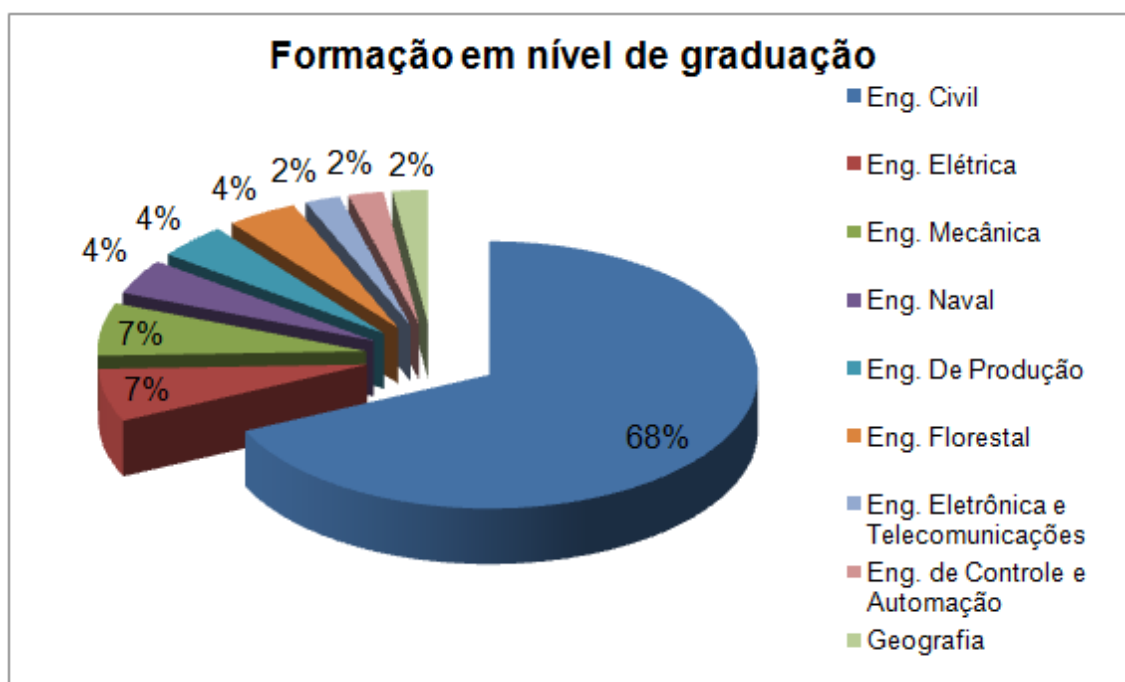
**Figura 6.1 – Nacionalidade dos participantes**



### **Pergunta 03**

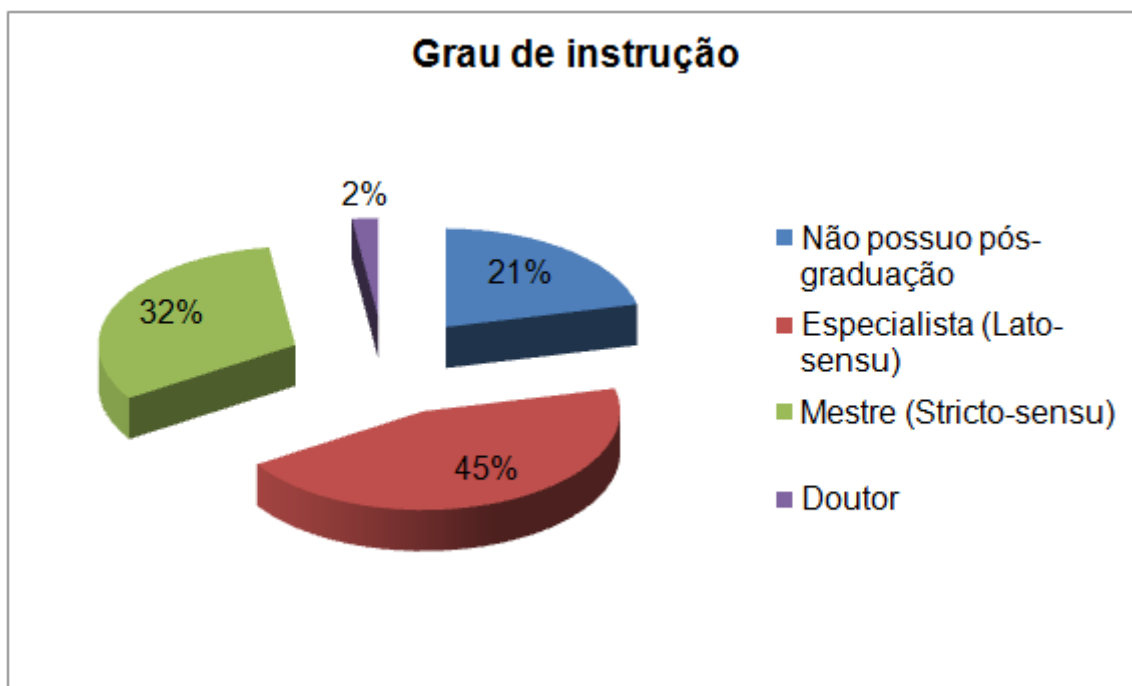
- Qual sua formação em nível de graduação?

Responderam às perguntas profissionais de diversas formações conforme apresentado na Figura 6.2, o que contribuiu para uma análise multidisciplinar sobre o tema priorização de disciplinas.

**Figura 6.2 – Formação em nível de graduação dos participantes****Pergunta 04**

- Você possui formação em nível de pós-graduação?

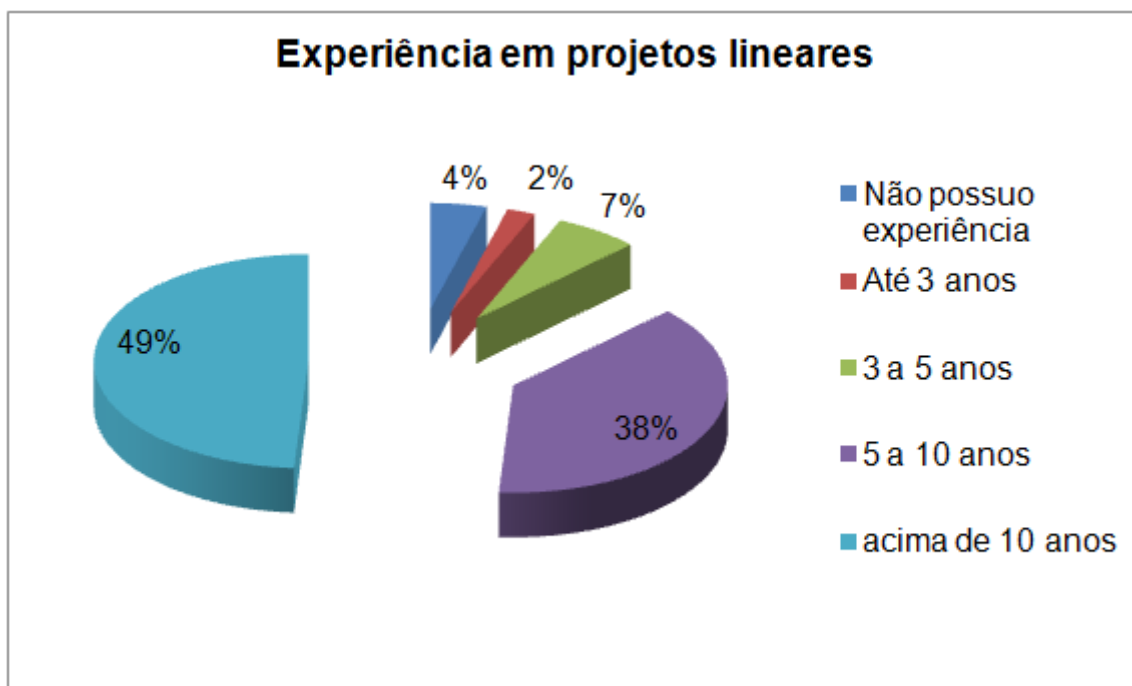
A primeira rodada de perguntas e respostas obteve a participação de profissionais em maioria com nível de especialização (Lato-sensu). Profissionais com mestrado também representou um montante considerável como pode ser observado na Figura 6.3.

**Figura 6.3 – Grau de instrução dos participantes****Pergunta 05**

- Qual o seu tempo de experiência em engenharia e/ou construção em projetos lineares?

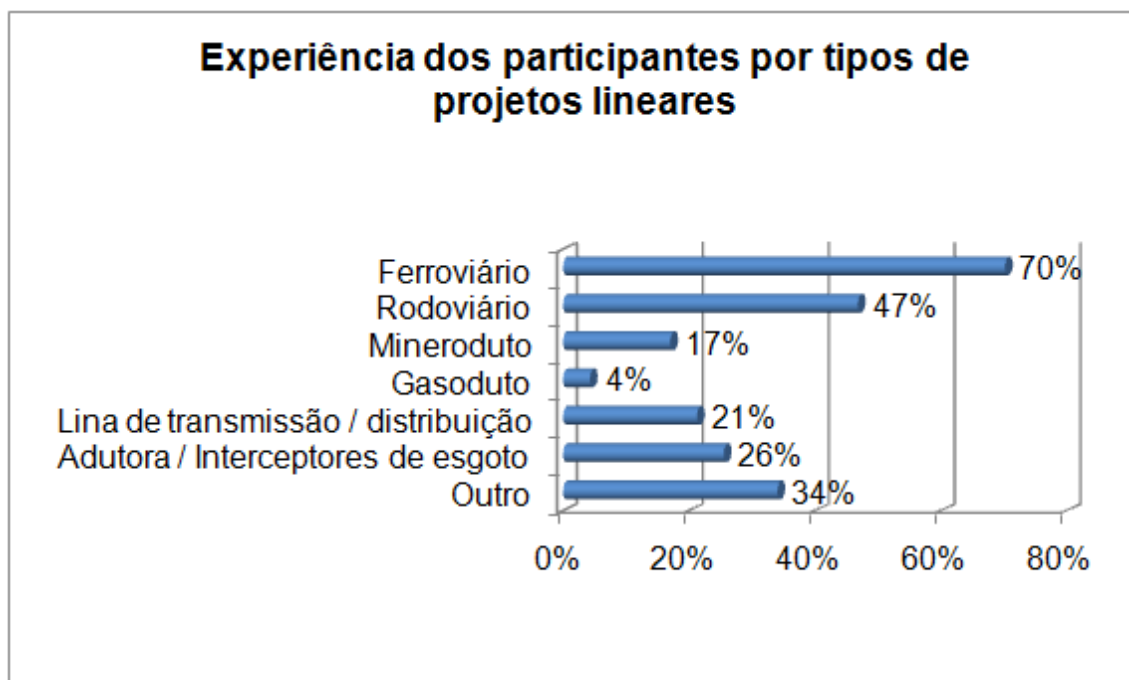
A maioria dos profissionais participantes possui experiência acima de 10 anos em projetos lineares como pode ser observado na Figura 6.4. Os profissionais com experiência acima de 5 anos em projetos lineares representaram 87% de todos os participantes da primeira rodada.

Figura 6.4 – Experiência em projetos lineares

**Pergunta 06**

- Qual o tipo de projeto linear você possui experiência?

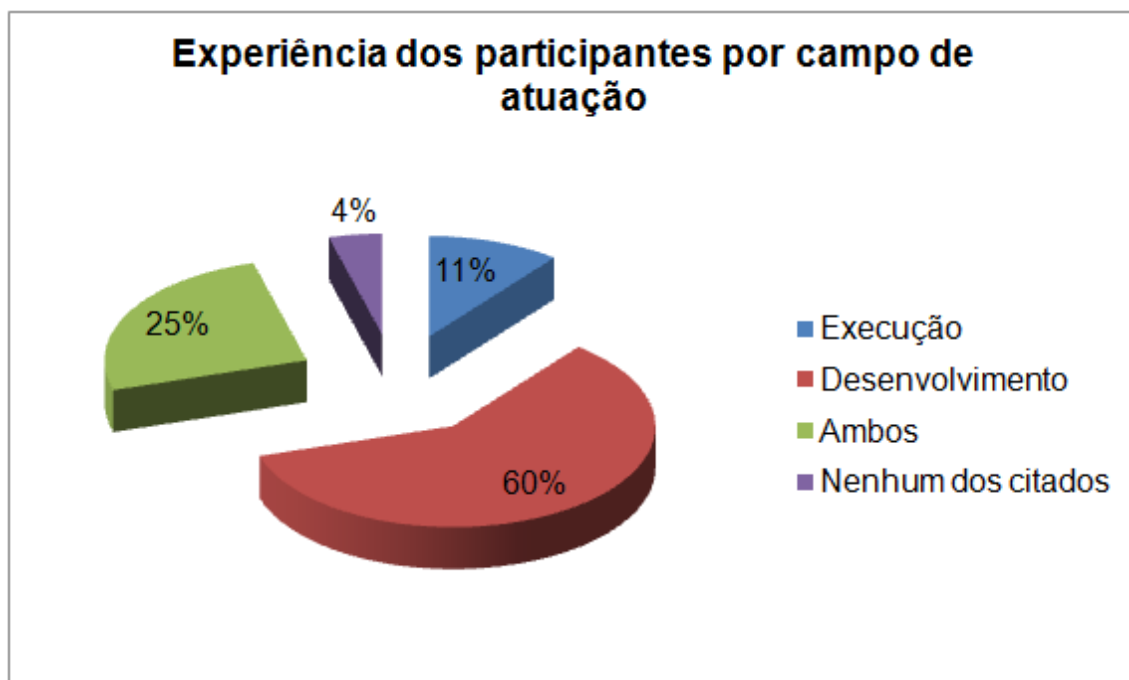
Dos profissionais que participaram da primeira rodada de perguntas e respostas, 70% tem experiência em projetos ferroviários conforme apresentado na Figura 6.5.

**Figura 6.5 – Experiência dos participantes por tipos de projetos lineares****Pergunta 07**

- Sua maior experiência é na execução, desenvolvimento de projetos ou ambos?

Os participantes foram perguntados sobre qual a principal área de atuação, sendo que a maioria (60%) respondeu que sua experiência se deu principalmente no desenvolvimento dos projetos. Outros 25% responderam que possuem experiência equivalente em execução e desenvolvimento de projetos lineares como mostra a Figura 6.6.

Figura 6.6 – Experiência dos participantes por campo de atuação

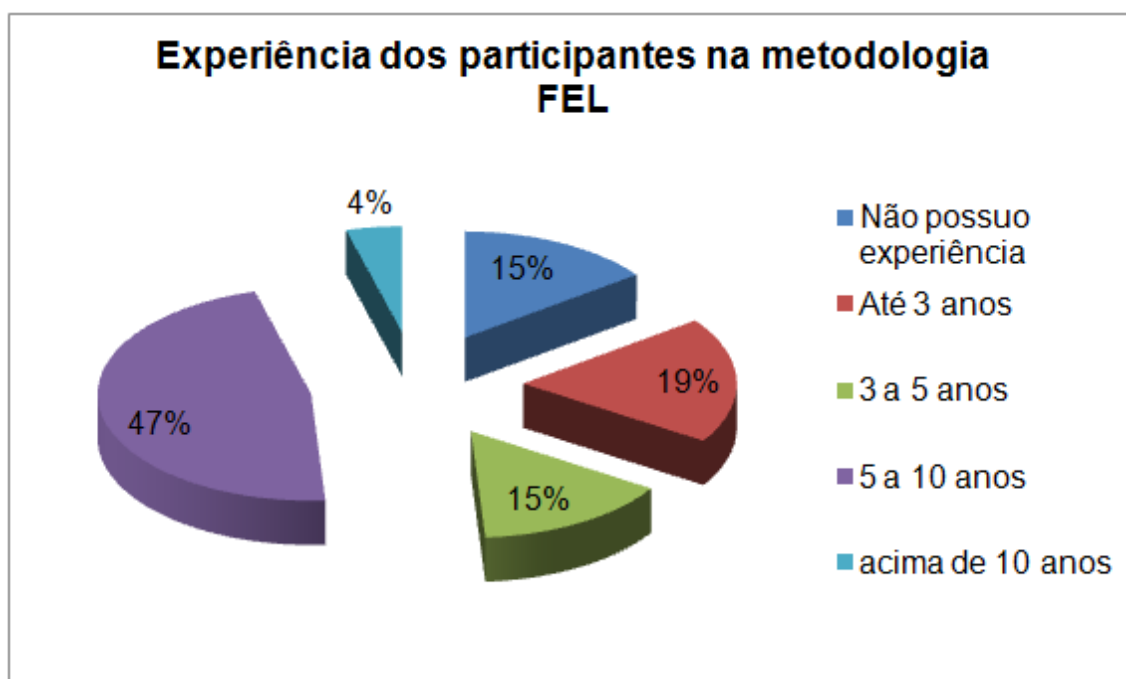


**Pergunta 10**

- Qual o seu tempo de experiência na metodologia *Front-End-Loading* (FEL)?

A maioria dos profissionais que responderam ao questionário (47%) possui experiência entre 5 e 10 anos em desenvolvimento de projetos com base na metodologia FEL como pode ser observado na Figura 6.7.

**Figura 6.7 – Experiência dos participantes na metodologia FEL**



### **Pergunta 11**

- Você tem familiaridade com os produtos de engenharia que geralmente são desenvolvidos na etapa de FEL-2 (engenharia conceitual)?

Quando perguntados se possuem familiaridade com os produtos de engenharia conceitual na etapa de FEL-2, 83% dos participantes responderam que SIM.

### **Pergunta 08**

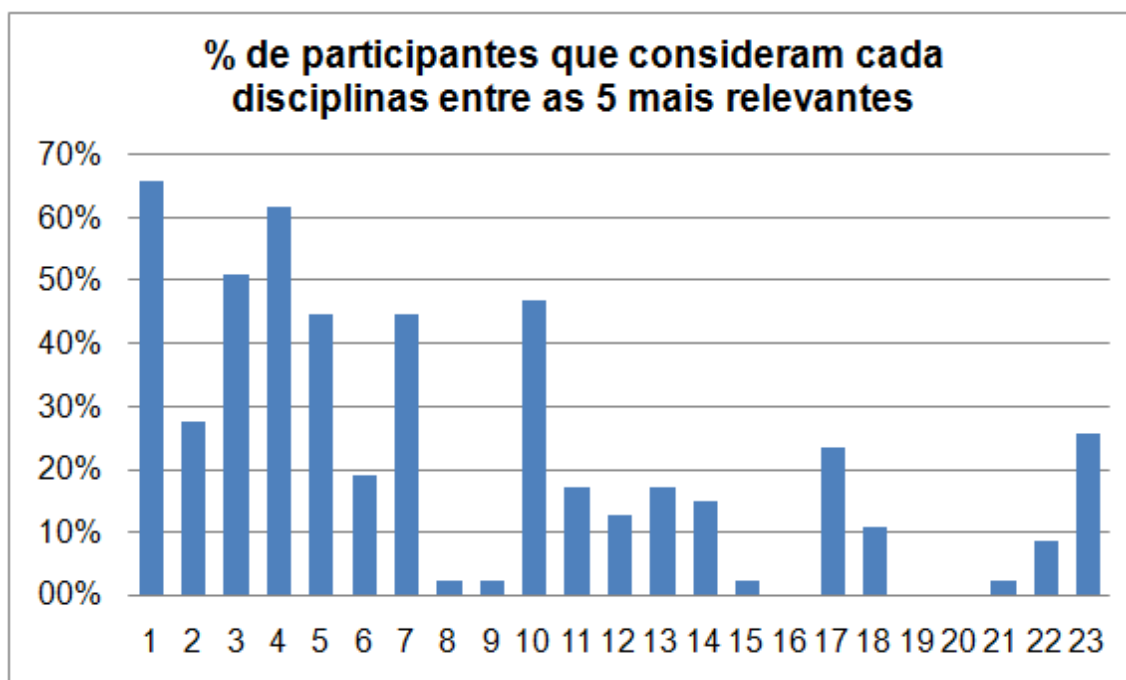
- Considerando as disciplinas abaixo, selecione as 5 que tendem a ser mais relevantes em um projeto linear do tipo em que você tem experiência.

Foi solicitado aos participantes que selecionassem as 5 disciplinas mais relevantes segundo seu conhecimento e experiência.

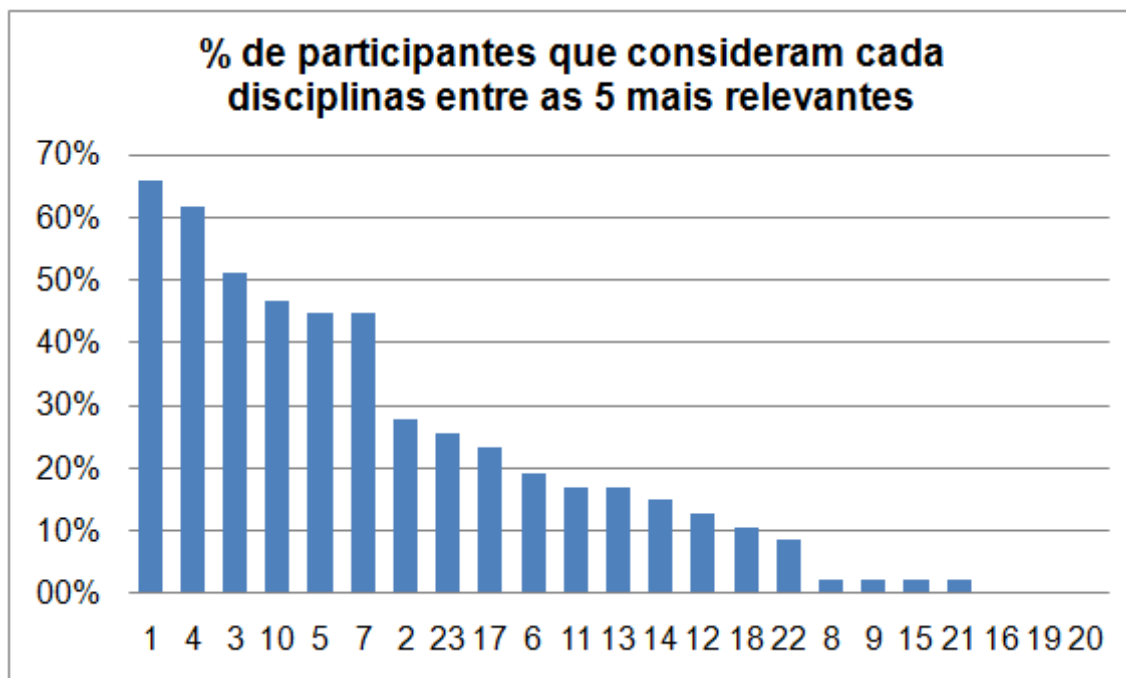
A Figura 6.8 apresenta o percentual de participantes que apontaram cada disciplina entre as cinco mais relevantes, enquanto que a Figura 6.9 apresenta os mesmos dados, porém em ordem decrescente para as disciplinas.

A Tabela 6.1 apresenta a relação das disciplinas com seus respectivos números de identificação utilizados nos gráficos da Figura 6.8 e da Figura 6.9.

**Figura 6.8 – Percentual de participantes que consideram cada disciplina entre as 5 mais relevantes**



**Figura 6.9 – Percentual de participantes que consideram cada disciplina entre as 5 mais relevantes em ordem decrescente de disciplinas**



**Tabela 6.1 – Numeração das disciplinas na Figura 6.8 e na Figura 6.9**

DISCIPLINA	DESCRIÇÃO
1	Análise e definição das diretrizes de traçado
2	Caracterização geral complementar da região em estudo
3	Topografia
4	Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2
5	Estudos e seleção de alternativas técnicas ( <i>Trade-offs</i> )
6	Hidrologia
7	Projeto geométrico
8	Serviços preliminares
9	Canteiro de obras
10	Terraplenagem
11	Pontes
12	Túneis
13	Interferências
14	Áreas de empréstimos
15	Áreas de disposição de material excedente
16	Edificações e instalações fixas
17	Infraestrutura
18	Superestrutura
19	Telecomunicação e automação
20	Acessos rodoviários para manutenção
21	Paisagismo e serviços complementares
22	Projeto para aquisição de áreas
23	Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico

### **Pergunta 09**

- Qual o principal parâmetro considerado por você para definir as disciplinas mais importantes?

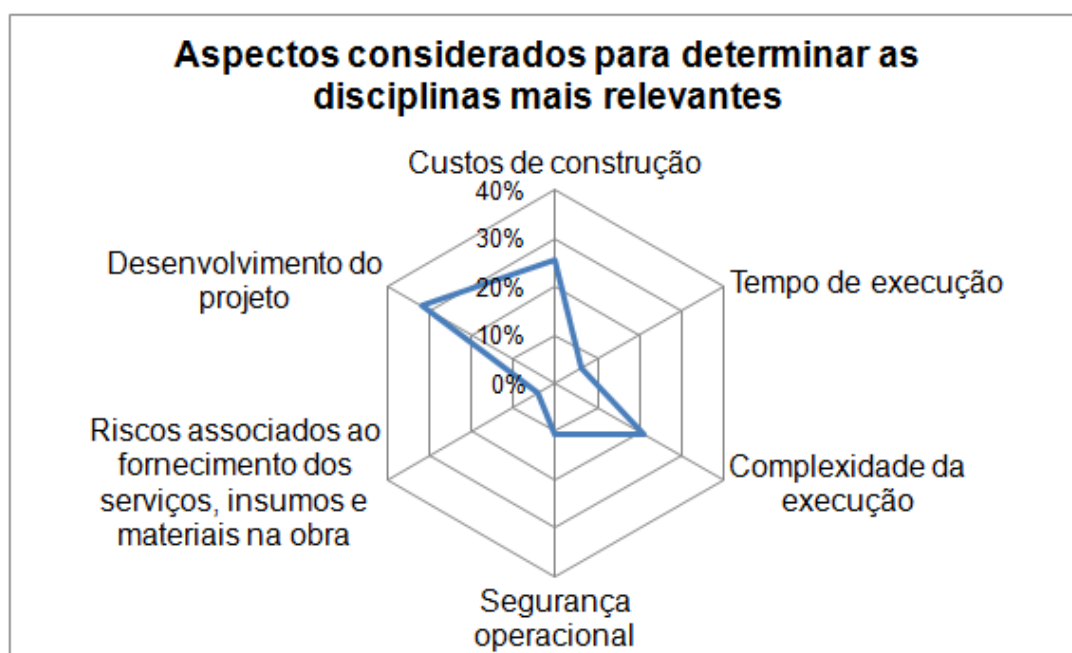
Para definir as cinco disciplinas mais relevantes para projetos lineares os participantes consideraram principalmente o aspecto de desenvolvimento do projeto (32%), seguido por custos de construção (26%) e complexidade de execução (21%) conforme apresentado na Figura 6.10.

O aspecto de desenvolvimento do projeto se refere ao desenvolvimento da engenharia conceitual e as atividades relacionadas e necessárias para se obterem tais produtos.

Os custos de construção estão relacionados ao aporte financeiro de cada disciplina necessário para a construção do projeto.

A complexidade de execução está relacionada a diversos aspectos como o domínio das soluções construtivas, dificuldades de logística, pouca oferta de mão de obra qualificada, dentre vários outros fatores que possam aumentar a dificuldade de execução das obras.

**Figura 6.10 – Aspectos considerados para determinar as disciplinas mais relevantes**



### **Pergunta 12**

- Você conhece alguma ferramenta que auxilia na definição do escopo ou programa de necessidades para projetos lineares?

68% dos participantes responderam que não conhecem ferramenta para auxiliar na definição do escopo ou programa de necessidades para projetos lineares.

### **Pergunta 13**

- Qual o nome dessa ferramenta?

Os participantes que responderam sim na Pergunta 12 listaram as seguintes ferramentas existentes para auxiliar na definição do escopo ou programa de necessidades para projetos lineares:

- Revisão de Contrutibilidade
- PLSCad
- FCE - ficha de Caracterização do Empreendimento
- Planilha de análise das alternativas levando em consideração as áreas de MA,localidade,volumes, custo, prazo e traçado etc.
- PROJECT CHARTER

- Foram desenvolvidas ferramentas internas de acompanhamento.
- ArcView
- Ferramentas computacionais: COMPOR90. Métodos: PCR, HAZOP, AGIR
- Excell
- Ms Project
- Primavera
- CAD CIVIL 3D
- Software de orçamento COMPOR 90; Software de planejamento PRIMAVERA.
- WBS
- AACE Cost Estimating Guidelines. Internal Scope Definition Tool

#### **Pergunta 14**

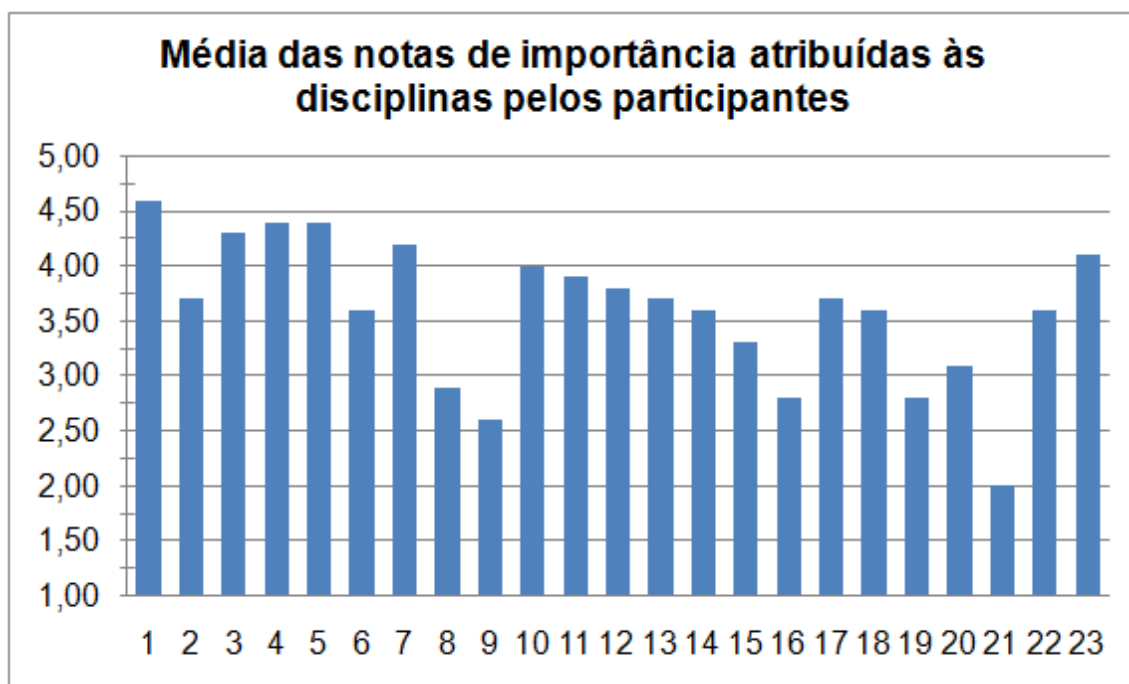
- Dê uma nota de importância de 1 a 5 para cada disciplina de um projeto linear de engenharia.

Foi solicitado aos participantes que atribuíssem notas de 1 a 5 para cada disciplina, sendo que 1 significa uma disciplina com pouca relevância na etapa de projeto conceitual, enquanto 5 representa a maior relevância nessa etapa.

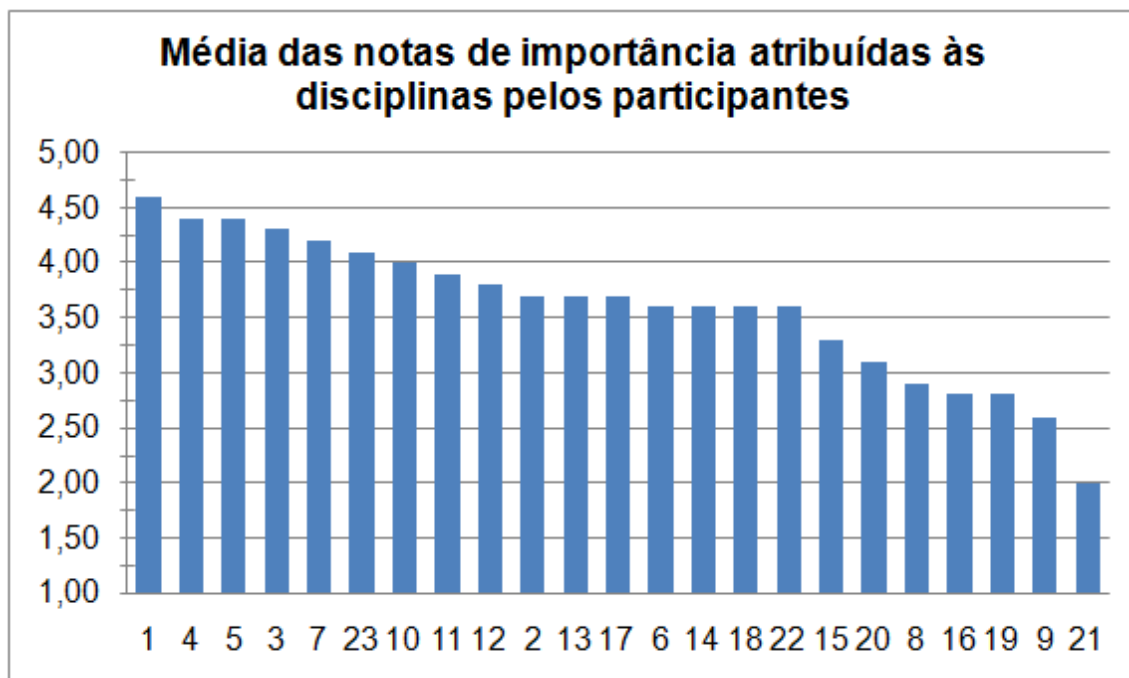
A Figura 6.11 apresenta a média das notas atribuídas às disciplinas, enquanto que a Figura 6.12 apresenta os mesmos dados, porém em ordem decrescente para as disciplinas.

A Tabela 6.2 apresenta a relação das disciplinas com seus respectivos números de identificação utilizados nos gráficos da Figura 6.11 e da Figura 6.12.

**Figura 6.11 – Média das notas de importância atribuídas às disciplinas pelos participantes**



**Figura 6.12 – Média das notas de importância atribuídas às disciplinas pelos participantes em ordem decrescente de disciplinas**



**Tabela 6.2 – Numeração das disciplinas na Figura 6.11 e na Figura 6.12**

<b>DISCIPLINA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
1	Análise e definição das diretrizes de traçado
2	Caracterização geral complementar da região em estudo
3	Topografia
4	Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2
5	Estudos e seleção de alternativas técnicas ( <i>Trade-offs</i> )
6	Hidrologia
7	Projeto geométrico
8	Serviços preliminares
9	Canteiro de obras
10	Terraplenagem
11	Pontes
12	Túneis
13	Interferências
14	Áreas de empréstimos
15	Áreas de disposição de material excedente
16	Edificações e instalações fixas
17	Infraestrutura
18	Superestrutura
19	Telecomunicação e automação
20	Acessos rodoviários para manutenção
21	Paisagismo e serviços complementares
22	Projeto para aquisição de áreas
23	Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico

### **Perguntas 15 a 22**

- Para as afirmações descritas a seguir defina o quanto você concorda com cada uma, atribuindo nota 1 (um) para as que você discorda completamente e 5 (cinco) para as que você concorda totalmente.

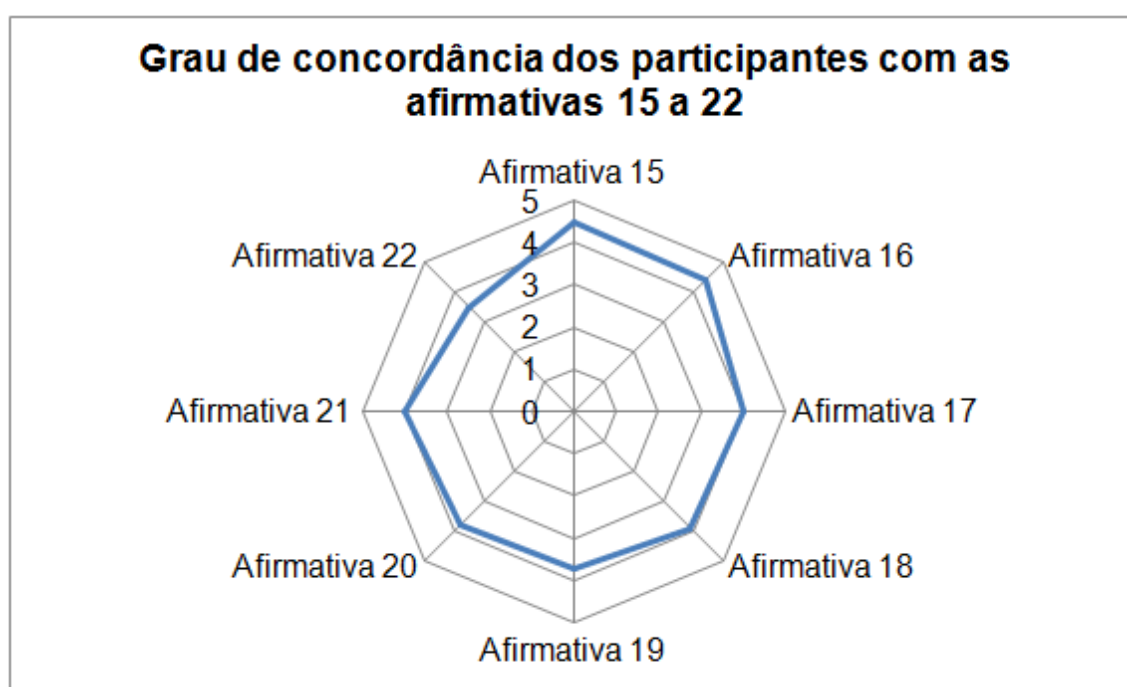
O grau de concordância foi obtido pela média aritmética da nota atribuída por cada participante às afirmativas 15 a 22 do questionário. As afirmativas e seus respectivos graus de concordância são apresentados na Tabela 6.3 e pode ser visualizado graficamente na Figura 6.13.

Tabela 6.3 – Grau de concordância com as afirmativas 15 a 22 do questionário

AFIRMATIVA	DESCRIÇÃO	Grau de concordância
15	<p>Antes de se iniciar a execução do FEL2 ou projeto conceitual a equipe do projeto deve se reunir para definir o plano de trabalho focando nas disciplinas de maior relevância. Deve-se avaliar a opinião de pessoas que detenham conhecimento nos quatro aspectos listados a seguir:</p> <p>a. O tipo de projeto a ser desenvolvido (ferrovia, rodovia, linha de transmissão, gasoduto, mineroduto, etc.);</p> <p>b. O local onde o empreendimento será construído, os costumes, comportamento, expectativas e influência da população no empreendimento;</p> <p>c. Sobre a metodologia de desenvolvimento do projeto, no caso a metodologia FEL; d. Análise de maturidade de projetos.</p>	4,5
16	<p>As disciplinas listadas a seguir devem ser analisadas e um <i>ranking</i> de prioridades deve ser estabelecido antes da elaboração dos documentos de contratação dos serviços como as especificações técnicas, requisições, memoriais descritivos, cronogramas, planilhas de quantidade, dentre outros. Todas estão correlacionadas, contudo algumas têm interferência maior entre si.</p> <p>a. Análise e definição das diretrizes de traçado b. Caracterização geral complementar da região em estudo c. Topografia d. Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2. e. Estudos e seleção de alternativas técnicas (<i>Trade-offs</i>) f. Hidrologia g. Projeto geométrico h. Serviços preliminares i. Canteiro de obras j. Terraplenagem k. Pontes l. Túneis m. Interferências n. Áreas de empréstimos o. Áreas de disposição de material excedente p. Edificações e instalações fixas q. Infraestrutura r. Superestrutura s. Telecomunicação e automação t. Acessos rodoviários para manutenção u. Paisagismo e serviços complementares v. Projeto para aquisição de áreas w. Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico (FEL-3).</p>	4,4
17	<p>Sondagens devem sempre ser realizadas em projetos lineares em FEL2, exceto em casos quando houver informações geológicas e geotécnicas anteriores, as quais devem ser suficientes para a caracterização geotécnica da obra.</p>	4,0
18	<p>Na etapa de FEL-2 deve ser adensada a malha de sondagens em locais críticos como, por exemplo, regiões com ocorrência de solo com baixa capacidade de suporte (solo mole). Em regiões com ocorrência predominante de solo com características favoráveis à construção e operação do empreendimento deve-se realizar a menor quantidade de furos possíveis.</p>	3,9
19	<p>Antes da elaboração das especificações para os projetos deve ser analisado, quando aplicável, o impacto esperado das pontes em termos de custos e na execução da obra:</p> <p>a. Nos casos de baixo impacto as pontes devem ser apenas locadas</p>	3,7

AFIRMATIVA	DESCRIÇÃO	Grau de concordância
	em planta. As alturas e comprimentos deverão ser estimados. A solução tecnológica (metálica, concreto, etc) deverá ser definida nesta etapa.  b. Nos casos de alto impacto as pontes devem ter o seu projeto conceitual concluído, inclusive contemplando todos os recursos para as obras como áreas de empréstimo, áreas de disposição de material excedente, suprimento de energia elétrica, logística para as obras, canteiros de obra, dentre outros.	
20	As disciplinas listadas a seguir são as mais relevantes e essa é a tendência para os projetos lineares.  a. Terraplenagem; b. Geotecnia e geologia; c. Topografia; d. Pontes; e. Acessos rodoviários; f. Infraestrutura.	3,8
21	Há casos em que as atividades das disciplinas mais relevantes devem ser antecipadas de FEL-3 para FEL-2 para possibilitar tomadas de decisão com maior maturidade durante e ao final dessa etapa.	4,0
22	Há disciplinas de engenharia mais relevantes, as quais devem ser tratadas em maior nível de detalhes, enquanto que as disciplinas com menor relevância podem ser incluídas como verbas na etapa de FEL2. Neste último caso os estudos e projetos para as disciplinas com pouca relevância para o projeto só deverão ser desenvolvidos na etapa de FEL-3.	3,5

**Figura 6.13 – Grau de concordância dos participantes com as afirmativas 15 a 22**



**Pergunta 23**

- Caso queira, insira abaixo qualquer observação ou sugestão sobre a pesquisa ou sobre o tema **PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES CRÍTICAS EM PROJETOS LINEARES**.

Neste item são apresentados os textos de forma direta com o objetivo de manter a impessoalidade e a não interferência do autor nos comentários realizados pelos participantes.

### **Comentários dos participantes:**

A seguir são transcritos literalmente os comentários dos participantes.

- Projetos Lineares devem sempre possuir a etapa de Projeto Básico, com um nível de informações e estudos mínimos para embasar as tomadas de decisões iniciais.
- Estudo de alternativas de traçado é a disciplina prioritária e deve considerar aspectos geológicos, geotécnicos, interferências com outras ocupações, infraestrutura e feições de relevância ambiental.
- Certamente existem disciplinas mais relevantes em cada projeto, dependendo de suas especificidades. O mapeamento dessas disciplinas na etapa de planejamento de FEL2 é de fundamental importância e nessa etapa deve ser conferido mais tempo em busca desse mapeamento. O projeto deve sempre ser considerado segundo suas especificidades e não pode ser tratado de forma padronizada, como ocorre atualmente. Perde-se muito tempo e dinheiro desenvolvendo disciplinas que não terão importância substancial em termos de custos para a execução da obra. Deve-se concentrar todos os esforços somente naquelas disciplinas "chave" para o projeto, seja por sua complexidade técnica ou pelos altos custos envolvidos nela. A maior dificuldade em minha opinião é antecipar disciplinas de FEL3 para FEL2 na busca de maior detalhamento e conseqüentemente maior assertividade de concepção e custos. Algumas disciplinas, (como drenagem e terraplenagem) dependem fundamentalmente da geometria que depende da topografia utilizada. No caso de FEL2, onde ainda está sendo estudada a solução conceitual, trazer esse nível de detalhe significa anular FEL2 e já fazer o FEL3 direto, já que muito pouco detalhamento restará para ser feito depois. A pesquisa é de muita relevância e muito interessante. Sua conclusão pode atingir diretamente empresas que desenvolvem esse tipo de projeto, tanto clientes como projetistas.
- Deve ser considerado o LICENCIAMENTO como atividade crítica. Os prazos extensos para este processo requerem que sejam priorizados em FEL2 e FEL3 documentos específicos para protocolos.
- Projetos "lineares" devem seguir qualquer outro tipo de projeto, porém priorizações devem ser levantadas, estudadas e analisadas de acordo com o interesse final do cliente. Planejamento, custo e qualidade são essenciais e o orçamento de projeto deve estar sempre em paralelo.

- Pesquisa muito interessante para os estudantes e engenheiros que estão iniciando trabalhos técnicos e pesquisas científicas. Essas pesquisas irão obter resultados positivos na engenharia.
- O assunto priorização de atividades críticas em projetos lineares é muito importante, mas a resposta sobre quais disciplinas deverão ser priorizadas podem variar em função da localização do empreendimento, da finalidade, da necessidade do investidor, etc. Minhas respostas foram baseadas nas disciplinas que apresentam maior risco de impacto financeiro e de cronograma ao longo do desenvolvimento do projeto. O conceito de risco deveria ser mais abordado na pesquisa.
- Boa sorte e parabéns à equipe pela iniciativa na pesquisa! Minhas conversas com a equipe de ferrovia limitavam-se ao projeto da periferia ferroviária e a algumas análises de corredores quando a definição de traçado para a ferrovia impactava sobremaneira a logística total porto+ferrovia a ser definida.
- Havia algumas perguntas que tinham relevância para projetos específicos, como trabalho com projetos de linhas áreas de transmissão, ficou difícil de responder algumas perguntas, que faziam referência a projetos lineares, os quais não fazem parte da minha área de atuação.
- Senti falta no questionário dos Estudos de Drenagem que, em minha opinião, não podem estar inseridos na Hidrologia, pois a Hidrologia é um estudo mais macro (frequência de chuvas, bacias hidrográficas, etc..). Os estudos de drenagem, em alguns projetos, tem uma grande relevância técnica e precisam ser aprofundados no FEL 2.
- A fase de FEL 2 tem como objetivo definir o escopo que irá ser desenvolvido em FEL3 e o maior ou menor detalhamento deve estar vinculado a uma análise de risco onde os fatores como CapEx e prazo são trabalhados. Muitas vezes estruturas grandes são detalhadas, mas que não representam muito em termos de risco e outras mais simples na visão tecnológica geram um grande problema e até uma falha fatal para o projeto. O mais importante é desenvolver o projeto em equipe com todos participando. Obrigado pela oportunidade e se quiser trocar mais informações entre em contato.
- A etapa mais importante do desenvolvimento de um projeto é a de FEL2 muitas vezes por pressão de tempo e tentando cobrir todas as disciplinas que compõem o projeto, importantes disciplinas desse empreendimento não são suficientemente estudadas. Priorizar seria sim uma importante estratégia de desenvolvimento a ser adotada.
- Tenho uma experiência grande em projeto portuário. Interface com projeto linear dentro da execução destes projetos.
- Tema interessante e vai contribuir muito com a construção!

- Acredito ser interessante a abordagem do impacto da antecipação de recursos para Fel 2 de atividades de Fel 3 em função da criticidade da disciplina envolvida para a viabilidade do empreendimento.
- Faltou enfoque em avaliação de riscos no empreendimento
- *Considering that the primary importance of FEL-2 is to answer the question "What does this project look like?" so that the FEL 2 does all the optioneering such that FEL 3 has a single go forward option to develop engineering and cost, therefore at FEL 2 stage focus must be on the elements that make the cost or risk differences between options. Other elements can have significantly reduced focus at this stage.*

Observa-se que as perguntas 8 e 14 tinham o objetivo de confrontar a percepção dos participantes escolhendo as cinco disciplinas mais importantes (pergunta 8) e atribuindo notas a cada disciplina (pergunta 14). O resultado entre as perguntas colocadas foi convergente, sendo que apenas as disciplinas “Projeto geométrico” e “Terraplenagem” alternaram entre as cinco mais relevantes, o que pode ser visto comparando os gráficos da Figura 6.9 e da Figura 6.12.

Mesmo com essa alternância, a disciplina “Projeto geométrico” apareceu na sexta colocação na pergunta 8, enquanto que a disciplina “Terraplenagem” figurou em sétimo na pergunta 14, o que demonstra que as respostas foram convergentes nas perguntas que se confrontaram.

Quando perguntados (pergunta 9) sobre qual o aspecto considerado para determinar as cinco disciplinas mais relevantes, os participantes divergiram, sendo que o percentual de respostas ficou equilibrado entre “Desenvolvimento do projeto” (32%), “Custos de construção” (26%) e “Complexidade de execução” (21%).

O grau de concordância dos participantes com as afirmativas 15 a 22 do questionário foi alto, ou seja, os participantes convergiram para um alto grau de concordância em todas as afirmativas propostas.

O menor grau de concordância obtido foi para a afirmativa 22, com 3,5 em uma escala que variava de 1 (menor concordância) a 5 (maior concordância). Essa afirmativa teve o seu texto revisado e foi submetida novamente para a análise dos participantes na segunda rodada de perguntas e respostas.

### **6.3 Respostas ao questionário da segunda rodada**

Os resultados para cada pergunta realizada aos participantes são apresentados nos itens em seguida.

#### **Pergunta 01**

- As disciplinas indicadas como mais importantes pelos participantes que responderam à 1ª rodada foram as seguintes. Você concorda?

1. Análise e definição das diretrizes de traçado (66,0%);

2. Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2 (61,7%);
3. Topografia (51,1%);
4. Terraplenagem (46,8%);
5. Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*) (44,7%);
6. Projeto geométrico (44,7%).

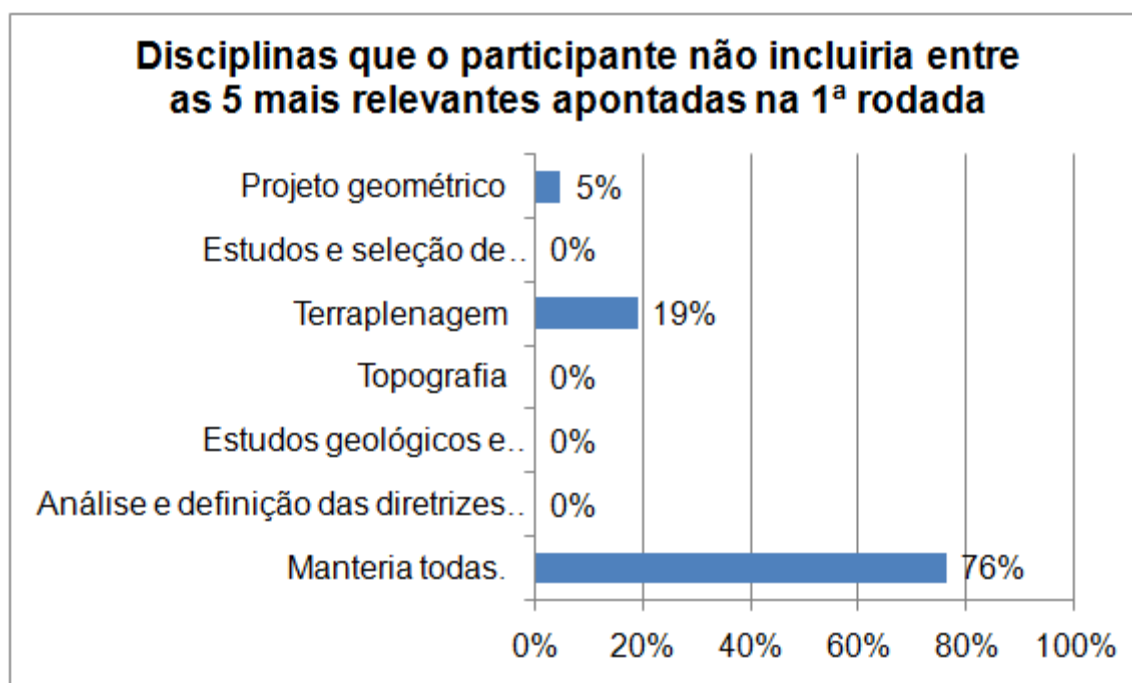
95% dos participantes da segunda rodada responderam que concordam com as cinco disciplinas apontadas como as mais importantes na primeira rodada de perguntas e respostas.

### **Pergunta 02**

- Das disciplinas listadas na questão anterior, você eliminaria alguma? Indicá-la.

Pode ser observado na Figura 6.14 que 76% dos participantes manteriam as cinco disciplinas listadas na pergunta anterior, contudo, 19% dos participantes eliminariam a disciplina “Terraplenagem” e 5% apontou que a disciplina “Projetos geométricos” não deveria constar entre as cinco mais relevantes.

**Figura 6.14 – Disciplinas listadas na pergunta anterior que os participantes não considerariam entre as mais importantes**



### **Pergunta 03**

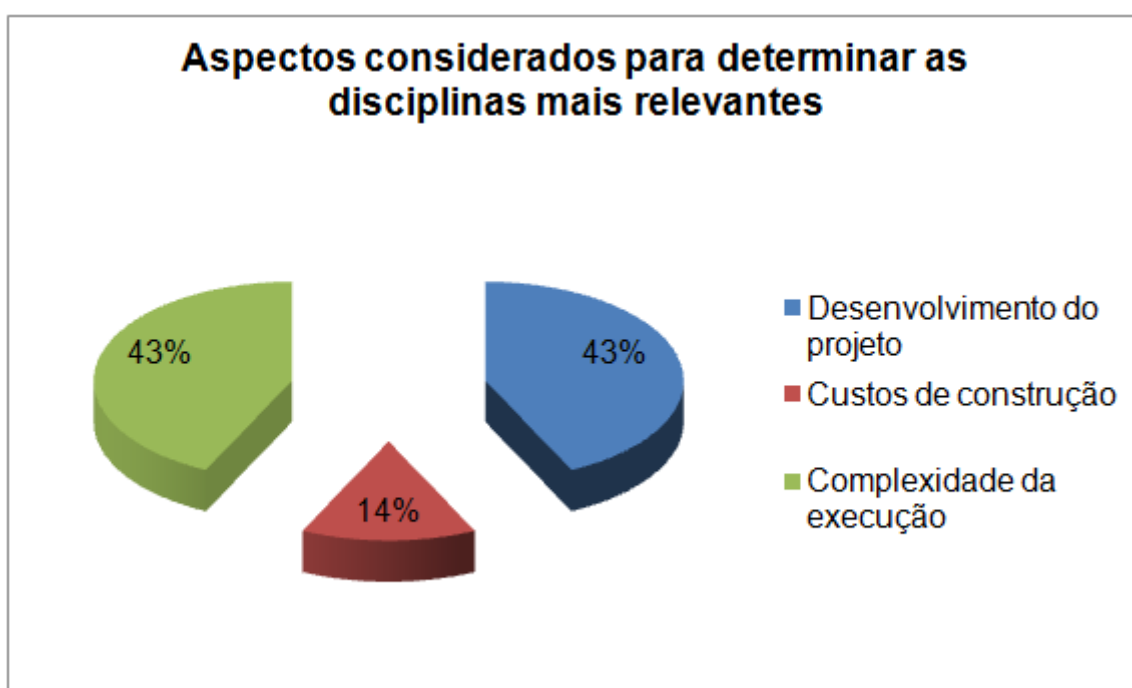
- 32% dos participantes que responderam à 1ª rodada afirmaram que o principal aspecto considerado na definição das disciplinas mais relevantes é a complexidade do desenvolvimento do projeto, seguido por custos de construção (26%) e complexidade de execução (21%).

Com base nessa informação, qual desses 3 aspectos você considera o mais importante na determinação das disciplinas mais relevantes de um projeto?

Observa-se na Figura 6.15 que os aspectos de “Desenvolvimento do projeto” e “Complexidade da execução” ficaram empatados com 43% dos participantes apontando cada um como o determinante para apontar as disciplinas mais relevantes.

O aspecto de “Custos de construção” foi apontado por 14% dos participantes da segunda rodada.

**Figura 6.15 – Aspectos considerados para determinar as disciplinas mais relevantes**



### **Pergunta 04**

- Quando solicitado aos participantes da 1ª rodada que atribuíssem notas de importância variando de 1 a 5, as disciplinas com maior média de notas foram as listadas abaixo.

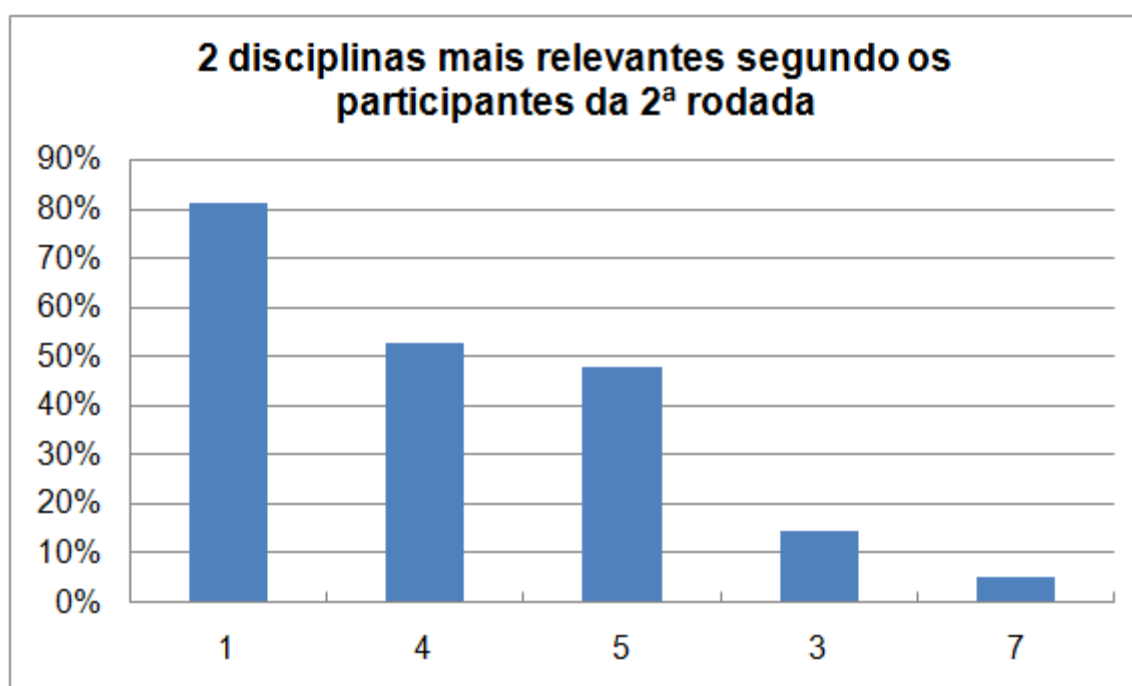
Dessas, quais as 2 disciplinas você considera as mais relevantes para projetos lineares na etapa de projeto conceitual (FEL-2)?

- Análise e definição das diretrizes de traçado (média obtida = 4,6)
- Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2 (média obtida = 4,4)
- Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*) (média obtida = 4,4)
- Topografia (média obtida = 4,3)
- Projeto geométrico (média obtida = 4,2)

Mais de 80% dos participantes da 2ª rodada apontaram a disciplina “Análise e definição das diretrizes de traçado” como uma das duas mais importantes para projetos lineares como pode ser observado na Figura 6.16.

Em segundo lugar foi apontada por 52% dos participantes a disciplina “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2”.

**Figura 6.16 – 2 disciplinas mais relevantes segundo os participantes da 2ª rodada**



**Tabela 6.4 – Numeração das disciplinas mostradas na Figura 6.16**

DISCIPLINA	DESCRIÇÃO
1	Análise e definição das diretrizes de traçado
3	Topografia
4	Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2
5	Estudos e seleção de alternativas técnicas ( <i>Trade-offs</i> )
7	Projeto geométrico

### **Pergunta 05**

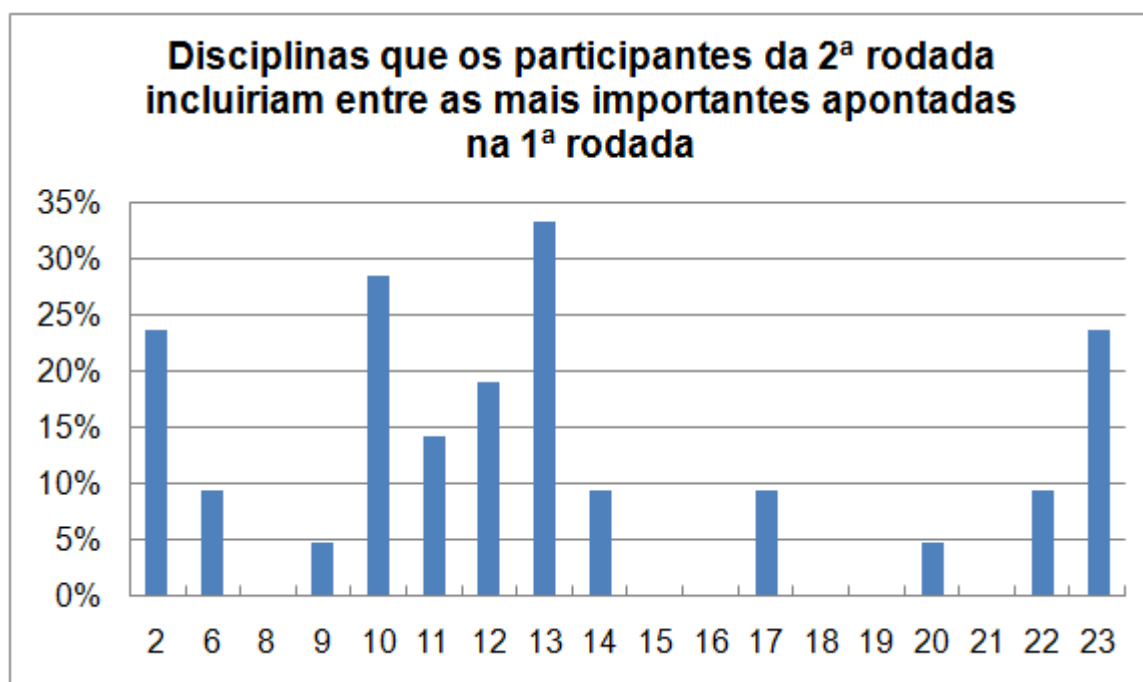
- Quais disciplinas você incluiria junto com as cinco listadas na pergunta anterior?

Selecione no máximo 2 opções. Deixar em branco caso a resposta seja nenhuma.

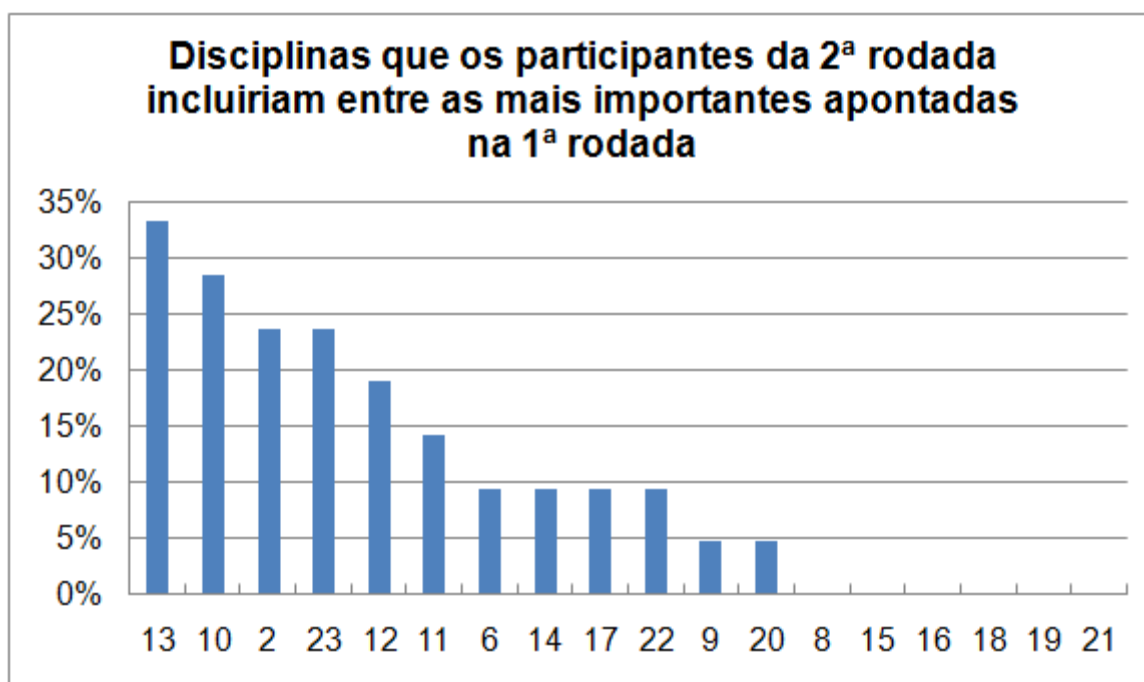
Os participantes da segunda rodada apontaram que as disciplinas “Interferência” (33,3%) e “Terraplenagem” (28,6%) deveriam ser incluídas entre as 5 listadas entre as mais relevantes da primeira rodada quando atribuído pontuação às mesmas.

Em seguida foram apontadas as disciplinas “Caracterização geral complementar da região em estudo” e “Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico” com 24% dos participantes apontando como disciplinas que deveriam se juntar às cinco mais relevantes apontadas na primeira rodada.

**Figura 6.17 – Disciplinas que os participantes da 2ª rodada incluíam entre as mais importantes apontadas na 1ª rodada**



**Figura 6.18 – Disciplinas que os participantes da 2ª rodada incluiriam entre as mais importantes apontadas na 1ª rodada em ordem decrescente de disciplinas**



**Tabela 6.5 – Numeração das disciplinas mostradas na Figura 6.17 e Figura 6.18**

DISCIPLINA	DESCRIÇÃO
2	Caracterização geral complementar da região em estudo
6	Hidrologia
8	Serviços preliminares
9	Canteiro de obras
10	Terraplenagem
11	Pontes
12	Túneis
13	Interferências
14	Áreas de empréstimos
15	Áreas de disposição de material excedente
16	Edificações e instalações fixas
17	Infraestrutura
18	Superestrutura
19	Telecomunicação e automação
20	Acessos rodoviários para manutenção
21	Paisagismo e serviços complementares

DISCIPLINA	DESCRIÇÃO
22	Projeto para aquisição de áreas
23	Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico

### **Pergunta 06**

- As disciplinas mais relevantes devem atingir o nível esperado para projeto básico na etapa de FEL-2, enquanto que as disciplinas de menor relevância podem ser incluídas como verbas nesta fase e desenvolvidas nas etapas posteriores.

Você concorda com a afirmação acima?

67% dos participantes da segunda rodada disseram que concordam com a afirmação acima e 33% disseram discordar da mesma.

As perguntas 1 e 2 da segunda rodada corroboram e convergem com as respostas dadas pelos participantes na primeira rodada, reafirmando as disciplinas de “Análise e definição das diretrizes de traçado”, “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2”, “Topografia”, “Terraplenagem”, “Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*)” e “Projeto geométrico” como as disciplinas mais relevantes para projetos lineares.

Quando perguntados (pergunta 3) sobre qual o aspecto considerado para determinar as disciplinas mais relevantes, os participantes divergiram novamente, contudo na segunda rodada, quando submetido apenas três aspectos, os participantes apontaram que “Desenvolvimento do projeto” (43%), “Complexidade de execução” (43%) e “Custos de construção” (14%), invertendo a ordem dos dois últimos aspectos.

Com base na divergência notada sugere-se que deve ser determinado para cada projeto, em função de seus objetivos e especificidades, qual será o direcionamento (qual o *driver*) para o seu desenvolvimento, o que deverá ser feito com base nos objetivos do negócio e associado aos riscos do empreendimento.

Os participantes foram solicitados para apontar na pergunta 4, dentre as cinco disciplinas mais relevantes, quais as 2 mais importantes segundo sua percepção. A disciplina “Análise e definição das diretrizes de traçado” foi apontada por mais de 80% dos participantes e, portanto, sugere-se que há a convergência para que essa seja uma disciplina de alta relevância em todos os casos de projetos lineares.

Mais de 30% dos participantes apontaram na pergunta 5 que incluiriam a disciplina “Interferência” entre as mais relevantes, o que sugere que a mesma deve ser considerada sob o ponto de vista da possibilidade de a mesma ser incluída em grupos de alta relevância dependendo do caso.

A disciplina “Terraplenagem” foi apontada por 28,6% dos participantes para ser incluída entre as mais relevantes, confirmando a percepção em relação a esta disciplina nas perguntas e rodada anteriores.

Os participantes convergiram em relação à afirmativa proposta na pergunta 6, a qual tinha o objetivo de confirmar a afirmativa 22 da primeira rodada, o que sugere que é factível antecipar atividades de etapas posteriores para o FEL-2 para as disciplinas mais relevantes e para as disciplinas de menor relevância pode-se trabalhar com verbas como, por exemplo, índices de outros projetos com características similares.

## 7 ANÁLISE CRUZADA

Este capítulo tem o objetivo de comparar os dados obtidos da análise dos estudos de caso no capítulo 5 com os dados provenientes da contribuição dos especialistas analisados no capítulo 6 do presente trabalho.

O estudo de caso apontou as seguintes cinco disciplinas com tendência de serem as mais relevantes em termos de custos de construção, prazo de construção e prazo de desenvolvimento de engenharia:

- Análise e definição das diretrizes de traçado;
- Topografia;
- Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2;
- Infraestrutura;
- Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*).

A pesquisa realizada junto aos profissionais com experiência em diversos tipos de projetos lineares indicou as seguintes cinco disciplinas com tendência de serem as mais relevantes em projetos lineares:

- Análise e definição das diretrizes de traçado;
- Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2;
- Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*);
- Topografia;
- Projeto geométrico.

Observa-se que das disciplinas acima, quatro disciplinas são coincidentes tanto na análise dos casos estudados como na percepção dos profissionais entrevistados, o que sugere que essas tendem a sempre estar entre as disciplinas mais relevantes em projetos lineares, as quais são:

- Análise e definição das diretrizes de traçado;
- Topografia;
- Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2;
- Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*).

As quatro disciplinas acima têm influência direta na determinação da qualidade, em termos de redução de custos e prazos das outras disciplinas de projeto, ou seja, sugere-se que as disciplinas que determinam a precisão da base de

dados em que o projeto será trabalhado são as mais relevantes nesta etapa, pois elas irão determinar a acurácia dos projetos de engenharia das demais disciplinas.

Sugere-se, portanto, que a disciplina “Análise e definição das diretrizes de traçado” seja desenvolvida até a exaustão de todas as possibilidades durante o desenvolvimento do projeto conceitual, pois qualquer alteração da solução adotada poderá impactar significativamente nas outras disciplinas, especialmente em “Topografia”, “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2”, “Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*)”, “Terraplenagem”, “Projeto geométrico”, “Interferências”, “Infraestrutura”, “Pontes”, “Túneis” e “Projeto para aquisição de áreas”, as quais possuem grande potencial de impacto nos três aspectos analisados.

Deve-se atentar para o fato que este estudo faz uma análise focada nas disciplinas de engenharia e, portanto, recomenda-se que haja estudos na mesma linha abrangendo todas as disciplinas e matérias do empreendimento como aquelas relacionadas às questões socioeconômicas e ambientais.

Observou-se nos casos estudados que há a possibilidade de variação significativa de relevância de disciplinas em função das características dos projetos, citando como exemplo, o projeto do caso 4 que teve mais de 70% dos custos de construção estimados destinado à disciplina de “Pontes”, enquanto que essa disciplina representou entre 8% e 13% nos projetos dos casos 1, 2 e 3.

Do fato descrito acima é possível inferir que este tipo de variação deverá ocorrer em projetos com características diferentes e com maior intensidade em projetos de naturezas diferentes como, por exemplo, se compararmos projetos ferroviários com projetos de linhas de transmissão ou minerodutos.

Portanto, é importante que antes do início de cada projeto seja feita uma análise crítica e os riscos típicos de cada empreendimento sejam levados em consideração para determinar as ações de priorização e direcionamento dos recursos de materiais, equipamentos e mão de obra.

As diretrizes elaboradas com base nas observações do estudo de caso foram apresentadas aos profissionais por meio de questionário. O grau de concordância foi alto como pode ser observado na Tabela 6.3.

Ao verificar a aceitação das diretrizes pelos participantes das rodadas de perguntas e respostas é possível concluir que se faz necessário, antes do início dos trabalhos de FEL-2, que os profissionais envolvidos no projeto com experiência nas diversas áreas de conhecimento se reúnam e analisem os riscos associados para então determinar um plano de trabalho que busque focar os recursos nas atividades mais relevantes para os projetos.

É possível concluir, com base nas respostas aos questionários, que a análise da qualidade dos produtos de engenharia deve ser feita levando-se em consideração os riscos do projeto associados a cada disciplina de engenharia, ou seja, a pontuação final do projeto deve levar em consideração a relevância das disciplinas em relação aos aspectos de “Custos de construção” e “Prazo de

execução” (este com menor peso), bem como “Prazo de desenvolvimento da engenharia”.

As duas diretrizes apresentadas que tiveram maior aderência dos participantes foram a Diretriz 8 com nota média de 4,5, e a Diretriz 1 , com nota média de 4,4.

Com base na análise da opinião dos especialistas obtida da pergunta 6 da segunda rodada do Delphi propõe-se a Diretriz 7 .

Em relação ao aspecto de impacto no prazo de construção as disciplinas de “Superestrutura”, “Terraplenagem” e “Comissionamento” apareceram como as mais críticas, enquanto que em relação ao aspecto de impacto no prazo de desenvolvimento do projeto as disciplinas que possuem atividades de campo como “Topografia” e “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2” se apresentaram como parte do caminho crítico.

O impacto em termos de prazo de construção das disciplinas “Superestrutura”, “Terraplenagem” e “Comissionamento” parece não ser significativo para determinar a relevância das disciplinas quando se observa as respostas dos participantes que, além de não apontar duas dessas disciplinas entre as mais relevantes, menos de 10% dos participantes da pesquisa responderam que levaram em consideração o aspecto de “Tempo de execução” como o determinante para escolha das disciplinas mais relevantes.

Isso indica que o aspecto de “Tempo de execução” tende a não ser determinante para a priorização das atividades na percepção dos profissionais, contudo, a revisão bibliográfica nos mostra que há uma forte relação entre aumento dos custos dos empreendimentos e os atrasos na conclusão dos mesmos.

Este ponto é especialmente interessante por trazer uma contradição entre a bibliografia consultada e o ponto de vista dos participantes e, portanto, sugere que sejam desenvolvidos estudos mais aprofundados no sentido de se avaliar e estabelecer de forma mais adequada à abordagem sobre os prazos de construção nas etapas de projetos.

Sugere-se, portanto, que este aspecto tenha um peso menor em relação aos aspectos de “Tempo de desenvolvimento de projeto”, “Custos de construção” e “Complexidade da execução” na determinação da relevância das disciplinas. Contudo, é importante que na análise inicial para se determinar a estratégia de desenvolvimento do projeto conceitual em FEL-2 seja avaliado a necessidade de se considerar este aspecto.

O surgimento das disciplinas de “Topografia” e “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2” como disciplinas mais relevantes em termos de prazo de desenvolvimento da engenharia convergem com as respostas ao questionário, pois a maioria dos participantes apontou as disciplinas entre as mais relevantes e respondeu que o principal fator que os levaram a escolhê-las foi a etapa de desenvolvimento do projeto.

Sugere-se de forma preliminar, com base na observação dos dados dos casos e na opinião dos especialistas, que essas disciplinas tendem a impactar significativamente nos prazos de desenvolvimento do projeto conceitual, pois para a sua execução, em diversos casos, se fazem necessárias, por exemplo, negociações fundiárias e liberações ambientais junto a órgãos de regulamentação.

Nos casos em que essas ações de liberação e negociação não são necessárias ou em casos em que haja dados topográficos e geológicos geotécnicos suficientes para o desenvolvimento do projeto conceitual há a tendência de que essas disciplinas se tornem menos impactante no prazo de desenvolvimento do projeto conceitual.

Observou-se que no caso 4 especificamente, como o volume de aterro é significativamente maior que o volume de corte a disciplina de “Áreas de empréstimo” seria de alta relevância por representar alto risco para o suprimento de material para a construção em função de limitações socioeconômicas e de logística, contudo, este aspecto relacionado aos riscos da construção não foi objeto deste trabalho.

Sugere-se que trabalhos na linha de definir métodos para elaborar planos de trabalho para a etapa de FEL-2 baseado também no aspecto de “Complexidade de execução das obras” sejam estudados e desenvolvidos.

Os profissionais entrevistados demonstraram que o tema de priorização de atividades em projetos lineares pode trazer ganhos significativos para o desenvolvimento desses projetos além de trazer um potencial para o aumento da qualidade dos produtos de engenharia no que tange a acurácia dos orçamentos e dos planejamentos do desenvolvimento do projeto e da construção.

Sugere-se que o direcionamento de recursos e esforços para as disciplinas mais relevantes seja definido para cada empreendimento, mas citamos como exemplo, a necessidade de realizar levantamento topográfico de precisão utilizando aerolevantamento ou topografia convencional já na etapa de projeto conceitual.

Da mesma forma que para os estudos topográficos, sugere-se que os estudos geológicos e geotécnicos devem ser aprofundados já nesta etapa, especialmente em locais onde houver a ocorrência de solos com baixa capacidade de suporte ou grande ocorrência de rocha de terceira categoria. Quando houver o conhecimento geológico suficiente do trecho em estudo ou quando houver dados de sondagens existentes anteriormente ao projeto pode-se optar por reduzir os recursos destinados para os trabalhos de sondagem geotécnica.

As ações acima são exemplos de ações propostas para aumentar a qualidade da estimativa de custos e prazos de construção desses tipos de empreendimento, pois impactam diretamente nas disciplinas identificadas como relevantes na seção 5.3 . Portanto, sugerem-se a Diretriz 9 e a Diretriz 10 .

Da análise cruzada entre os dados dos casos estudados e os dados da contribuição dos especialistas, observou-se que houve tendência em se manter as disciplinas mais relevantes com pequenas variações como mostra a Tabela 7.1.

**Tabela 7.1 – Comparação das notas de relevância considerando o estudo de casos e a aplicação do Delphi**

#	DISCIPLINA	Nota do estudo de casos	Nota do Delphi
1	Análise e definição das diretrizes de traçado	4,67	4,60
3	Topografia	4,34	4,30
4	Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2	4,34	4,40
17	Infraestrutura	4,34	3,70
5	Estudos e seleção de alternativas técnicas ( <i>Trade-offs</i> )	4,00	4,40
7	Projeto geométrico	4,00	4,20
10	Terraplenagem	4,00	4,00
11	Pontes	3,67	3,90
12	Túneis	3,67	3,80
18	Superestrutura	3,67	3,60
23	Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico	3,34	4,10
6	Hidrologia	2,67	3,60
22	Projeto para aquisição de áreas	2,67	3,60
2	Caracterização geral complementar da região em estudo	2,34	3,70
13	Interferências	2,34	3,70
14	Áreas de empréstimos	2,00	3,60
15	Áreas de disposição de material excedente	2,00	3,30
16	Edificações e instalações fixas	1,67	2,80
20	Acessos rodoviários para manutenção	1,67	3,10

---

#	DISCIPLINA	Nota do estudo de casos	Nota do Delphi
9	Canteiro de obras	1,34	2,60
19	Telecomunicação e automação	1,00	2,80
8	Serviços preliminares	0,00	2,90
21	Paisagismo e serviços complementares	0,00	2,00

---

As diretrizes sugeridas e propostas, fundamentadas na análise dos casos e na análise das respostas dos profissionais aos questionários, são apresentadas de forma contínua na Tabela 7.2.

Vale ressaltar que as disciplinas apresentada a seguir foram discutidas anteriormente neste trabalho.

**Tabela 7.2 – Lista das diretrizes sugeridas para desenvolvimento de projetos lineares**

Diretriz	Conteúdo
<b>Diretriz 1</b>	<p>As disciplinas listadas a seguir devem ser analisadas e um <i>ranking</i> de prioridades deve ser estabelecido antes da elaboração dos documentos de contratação dos serviços como as especificações técnicas, requisições, memoriais descritivos, cronogramas, planilhas de quantidade, dentre outros. Todas estão correlacionadas, contudo algumas têm interferência maior entre si. Uma breve definição para cada disciplina foi apresentada na Tabela 3.1.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Análise e definição das diretrizes de traçado;</li> <li>b. Caracterização geral complementar da região em estudo;</li> <li>c. Topografia;</li> <li>d. Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2;</li> <li>e. Estudos e seleção de alternativas técnicas (<i>Trade-offs</i>);</li> <li>f. Hidrologia;</li> <li>g. Projeto geométrico;</li> <li>h. Serviços preliminares;</li> <li>i. Canteiro de obras;</li> <li>j. Terraplenagem;</li> <li>k. Pontes;</li> <li>l. Túneis;</li> <li>m. Interferências;</li> <li>n. Áreas de empréstimos;</li> <li>o. Áreas de disposição de material excedente;</li> <li>p. Edificações e instalações fixas;</li> <li>q. Infraestrutura;</li> <li>r. Superestrutura;</li> <li>s. Telecomunicação e automação;</li> <li>t. Acessos rodoviários para manutenção;</li> <li>u. Paisagismo e serviços complementares.</li> <li>v. Projeto para aquisição de áreas;</li> <li>w. Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico.</li> </ol>
<b>Diretriz 2</b>	<p>Antes da elaboração das especificações para o desenvolvimento dos projetos deve ser analisado o impacto esperado da disciplina pontes em termos de custos e na execução da obra considerando os seguintes aspectos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Nos casos de baixo impacto, sugere-se que as pontes sejam apenas locadas em planta. As alturas e comprimentos deverão ser estimados. A solução tecnológica (metálica, concreto, etc) deverá ser definida nesta etapa.</li> <li>b. Nos casos de alto impacto, sugere-se que as pontes tenham o seu projeto conceitual concluído, inclusive contemplando todos os recursos para as obras como áreas de empréstimo, áreas de disposição de material excedente, suprimento de energia elétrica, logística para as obras, canteiros de obra, dentre outros.</li> </ol>
<b>Diretriz 3</b>	<p>Há disciplinas de engenharia mais relevantes, as quais devem ser tratadas em maior nível de detalhes, enquanto que para as disciplinas com menor relevância sugere-se que as mesmas sejam incluídas como verbas baseadas em índices de outros projetos com características similares na etapa de FEL2.</p>

Diretriz	Conteúdo
<b>Diretriz 4</b>	As disciplinas do grupo 1 deverão ter a maior parte dos recursos e esforços destinados às suas atividades visando aumentar a precisão do planejamento e da estimativa de custos de construção para as mesmas ao final de FEL-2.
<b>Diretriz 5</b>	<p>As disciplinas de projetos de natureza e características semelhantes às dos casos 1, 2 e 3 tendem a ser agrupadas pelo grau de relevância conforme proposto a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Grupo 1</u>: (Alta relevância): “Análise e definição das diretrizes de traçado”, “Topografia”, “Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2”, “Infraestrutura”, Estudos e seleção de alternativas técnicas (<i>Trade-offs</i>), “Projeto geométrico” e “Terraplenagem”.</li> <li>• <u>Grupo 2</u>: (Média/Alta relevância): “Pontes”, “Túneis”, “Superestrutura” e “Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico”.</li> <li>• <u>Grupo 3</u>: (Média relevância): “Hidrologia”, “Projeto para aquisição de áreas”, “Caracterização geral complementar da região em estudo”, “Interferências”, “Áreas de empréstimos” e “Áreas de disposição de material excedente”.</li> <li>• <u>Grupo 4</u>: (Média/baixa relevância): “Edificações e instalações fixas”, “Acessos rodoviários para manutenção”, “Canteiro de obras” e “Telecomunicação e automação”.</li> <li>• <u>Grupo 5</u>: (Baixa relevância): “Serviços preliminares” e “Paisagismo e serviços complementares”.</li> </ul>
<b>Diretriz 6</b>	Há casos em que as atividades das disciplinas mais relevantes devem ser antecipadas de FEL-3 para FEL-2 para possibilitar tomadas de decisão com maior maturidade durante e ao final dessa etapa.
<b>Diretriz 7</b>	Sugere-se que a análise da maturidade do projeto conceitual ao final de FEL-2 deve considerar a aderência dos produtos de engenharia ao planejamento inicial do projeto elaborado focando os recursos e esforços nas atividades de maior relevância.
<b>Diretriz 8</b>	<p>Antes de se iniciar a execução do FEL2 ou projeto conceitual a equipe do projeto deve se reunir para definir o plano de trabalho focando nas disciplinas de maior relevância. Deve-se avaliar a opinião de pessoas que detenham conhecimento nos aspectos listados a seguir:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. O tipo de projeto a ser desenvolvido (ferrovia, rodovia, linha de transmissão, gasoduto, mineroduto, etc.);</li> <li>b. O local onde o empreendimento será construído, os costumes, comportamento, expectativas e influência da população no empreendimento;</li> <li>c. Exigências legais para os trabalhos que serão desenvolvidos;</li> <li>d. Sobre a metodologia de desenvolvimento do projeto, no caso a metodologia FEL;</li> <li>e. Análise de maturidade de projetos.</li> </ol>
<b>Diretriz 9</b>	Sondagens devem sempre ser realizadas em projetos lineares em FEL2, exceto em casos quando houver informações geológicas e geotécnicas anteriores, as quais devem ser suficientes para a caracterização geotécnica da obra.

---

Diretriz	Conteúdo
<b>Diretriz 10</b>	Em FEL-2 deve ser adensada a malha de sondagens em locais críticos como, por exemplo, regiões com ocorrência de solo com baixa capacidade de suporte (solo mole). Em regiões com ocorrência predominante de solo com características favoráveis à construção e operação do empreendimento deve-se realizar a menor quantidade de furos possíveis.

---

## 8 CONCLUSÃO

Observou-se que a metodologia de pesquisa proposta parece ter sido adequada aos objetivos deste trabalho uma vez que as informações obtidas em cada uma das etapas foram suficientes para atingir o propósito da dissertação.

A revisão bibliográfica parece ter sido suficientemente ampla para subsidiar o entendimento dos assuntos relevantes para a investigação da hipótese inicial do trabalho a respeito dos aspectos a serem analisados (custos de construção, prazo de implantação e prazo de desenvolvimento do projeto conceitual), sobre o desenvolvimento de projetos ferroviários e sobre a metodologia FEL.

Não foram encontradas referências bibliográficas que tratam de priorização de atividades em projetos lineares, o que limitou a análise do trabalho ao universo dos casos levantados e à opinião de um grupo de profissionais com experiência em projetos de diversas naturezas como observado na seção 6.2 .

O estudo de casos permitiu verificar, por meio de 4 casos de projetos da natureza ferroviária, que as suas características são fundamentais para determinar a estratégia de desenvolvimento e análise da maturidade dos produtos da engenharia conceitual na etapa de FEL-2, bem como permitiu identificar que para casos de características semelhantes existe a tendência de algumas disciplinas serem mais relevantes que as outras, atendendo um dos objetivos específicos do projeto.

A etapa da metodologia proposta referente à contribuição de especialistas foi importante para corroborar várias observações do estudo de casos e para apontar dados que devem ser observados no desenvolvimento da estratégia de desenvolvimento do projeto conceitual considerando a priorização de disciplinas mais relevantes.

Foi possível realizar o estudo exploratório dos casos e, fundamentado nas análises dos produtos dos projetos, foi possível verificar como as atividades variaram em projetos de características diferentes.

O objetivo específico de identificar as disciplinas mais relevantes em termos de custos de construção, impacto no caminho crítico do prazo de implantação e impacto no caminho crítico no prazo de desenvolvimento dos projetos foi possível por meio da observação dos casos. O resultado desta análise é apontado na Tabela 5.3.

Foi possível estabelecer diretrizes baseadas na análise dos casos e comparando-as aos dados obtidos junto aos especialistas, o que também contribuiu para atender os objetivos específicos traçados para este trabalho.

A análise cruzada entre o estudo de casos e os resultados da aplicação da técnica Delphi foi interessante na medida em que a opinião dos profissionais corroborou com várias observações e diretrizes retiradas diretamente dos dados dos projetos. A análise conjunta das duas etapas também permitiu sugerir diretrizes que puderam ser recomendadas quando convergentes com a opinião dos profissionais.

A hipótese inicial de trabalho foi comprovada na medida em que se demonstrou por meio da análise dos casos estudados e da aplicação da técnica Delphi, que os projetos lineares variam em função de sua natureza (ferroviário, rodoviário, linhas de transmissão, minerodutos, etc.) e em função de suas características (ferrovia de grande extensão versus ferrovia curta com ocorrência de uma ponte de grande extensão).

Observou-se como limitação do trabalho a amostragem relativamente pequena de casos estudados, especialmente por se tratar de casos de projetos apenas da natureza ferroviária, embora a amostra tenha sido suficiente para comprovar a variação de relevância de disciplinas em função de diferentes características de projetos.

Este estudo é inicial e exploratório. Acredita-se que a proposta de investigar a viabilidade de priorizar disciplinas em projetos conceituais lineares foi atendida e concluiu-se sobre sua aplicabilidade.

### **8.1 Diretrizes para priorização de atividades em projetos lineares**

Foi possível observar que algumas disciplinas como “Análise e definição das diretrizes de traçado” e “Topografia” tendem a ser mais relevantes nos projetos lineares, o que pode ser verificado no estudo dos casos de características semelhantes e corroborado pelos dados obtidos junto a profissionais com experiência em empreendimentos de naturezas diferentes.

Para as disciplinas mais relevantes faz sentido direcionar mais recursos e esforços visando intensificar as atividades e obter maior grau de maturidade ao final de FEL-2, estratégia que foi recomendada pela maioria dos profissionais entrevistados.

Em relação ao objetivo específico de avaliar nos estudos de caso se há tendência de uniformidade de relevância das disciplinas para projetos com características diferentes observou-se que a disciplina “Terraplenagem” foi relevante em todos os casos, o que sugere que as disciplinas relacionadas também serão relevantes da mesma forma.

Contudo, observou-se também que em casos de características distintas há a variação significativa entre as disciplinas mais impactantes, como foi o caso da disciplina “Pontes” no caso 4. Isso indica que não devem ser consideradas estratégias padrões para projetos com características distintas.

Sugere-se que sejam definidas as disciplinas de projeto e atividades técnicas e gerenciais que receberão a maior quantidade de recursos e esforços no sentido de obter maior maturidade dos produtos de engenharia ao final da etapa de FEL-2, o que poderá permitir o aumento da assertividade e da previsibilidade dos projetos e, conseqüentemente, poderá contribuir para melhorar as tomadas de decisões sobre a realização dos investimentos nestes empreendimentos de capital.

Nota-se que a sugestão acima é incipiente e, portanto, se faz necessário estudar e desenvolver métodos para definir as disciplinas de projeto e atividades técnicas e gerenciais que deverão ser priorizadas em projetos lineares.

A análise das atividades dos casos indicam que para projetos de natureza ferroviária e com características semelhantes às dos casos 1, 2 e 3 descritas na seção 0, as disciplinas mais relevantes tendem a ser:

- Análise e definição das diretrizes de traçado;
- Topografia;
- Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2;
- Infraestrutura;
- Estudos e seleção de alternativas técnicas (*Trade-offs*);
- Projeto geométrico;
- Terraplenagem.

Sugere-se que para estes projetos as atividades dessas disciplinas sejam priorizadas e os dados ao final de FEL-2 estejam em nível de maturidade acima do esperado para a fase.

A sugestão não vai de encontro ao verificado na revisão bibliográfica sobre a metodologia FEL, porém, conforme observado nas respostas dos profissionais verifica-se que há uma convergência para a opinião de que a generalização que este método propõe para os projetos reduz a qualidade dos produtos ao final da etapa de FEL-2 e há um consenso entre os participantes dos questionários de que cada projeto deve ser tratado de acordo com suas particularidades.

Comparando as observações do estudo de casos com as respostas dos participantes foi possível propor a ordem de relevância apresentada na Tabela 7.1 para projetos de natureza e características semelhantes às dos casos 1, 2 e 3.

Em função da variação de relevância das disciplinas observadas comparando os casos 1, 2 e 3 com o caso 4 foi possível concluir sobre a inviabilidade de se definir um *ranking* genérico de disciplinas prioritárias que sirva de forma genérica para projetos lineares de todas as naturezas e características existentes.

A análise dos casos e das respostas dos profissionais permitiu propor diretrizes genéricas que podem ser utilizadas em projetos de naturezas e características distintos, sempre avaliando a aplicabilidade a cada caso de projeto futuro.

As diretrizes sugeridas e propostas com base na análise dos casos e das respostas dos profissionais foram apresentadas, em seu conjunto, no final do capítulo anterior, na Tabela 7.2.

Com base nas observações do estudo de casos e nas respostas dos profissionais também foi possível propor algumas diretrizes gerais para o desenvolvimento e análise de projetos futuros.

A maioria dos profissionais que participaram da pesquisa tem experiência em projetos ferroviários e rodoviários e possui formação em Engenharia Civil, o que pode ter incorrido em um levantamento de opiniões pouco amplo e, conseqüentemente, com algumas distorções em relação ao universo de projetos lineares possíveis.

Não foram analisados neste estudo os aspectos “Complexidade de execução”, “Riscos associados ao fornecimento dos serviços, insumos e materiais na obra” e “Segurança operacional”, o que configura uma limitação do presente trabalho.

O aspecto “Complexidade de execução” foi apontado pelos participantes do Delphi como um aspecto mais relevante que o “Tempo de execução” do projeto, ou seja, apesar de ser um aspecto subjetivo deve ser considerado na análise para a priorização das atividades.

Em função de limitações de comunicação entre o mestrando e os participantes do Delphi, algumas afirmações das perguntas submetidas por meio do questionário eletrônico podem ter resultado em interpretações equivocadas dos participantes e, conseqüentemente pode ter causado algum prejuízo na análise dos dados.

As diretrizes sugeridas e propostas devem ser analisadas para cada caso futuro e sua aplicabilidade carece de comprovação na prática de gerenciamento de projetos lineares.

Houve a participação de profissionais na segunda rodada da aplicação de questionário em número menor que os participantes da primeira rodada, o que poderá ter resultado em divergência dos dados finais pela variação amostral utilizada.

## **8.2 Sugestões para trabalhos futuros**

Sugere-se que trabalhos futuros sejam desenvolvidos no sentido de investigar amostras maiores de projetos lineares, agrupando-os por natureza e segundo suas características.

Em seguida sugere-se que sejam desenvolvidos estudos aprofundados por grupo de projetos lineares com o objetivo de definir disciplinas prioritárias que possam ser utilizadas para cada um dos agrupamentos.

Após o agrupamento dos projetos sugere-se que sejam desenvolvidos trabalhos futuros para a definição das disciplinas mais relevantes em função de aspectos importantes para o empreendimento, os quais são apresentados a seguir:

- Custos de construção;
- Impacto no planejamento da construção;
- Complexidade de construção;
- Impacto no planejamento para o desenvolvimento do projeto;

- Complexidade do desenvolvimento do projeto;
- Riscos associados ao fornecimento dos serviços, insumos e materiais na obra;
- Segurança operacional.

Sugere-se que estes aspectos sejam estudados e, caso identificado, outros aspectos sejam incluídos nos estudos futuros.

Ainda a título de recomendações para trabalhos futuros, sugere-se que todos estes estudos sejam desenvolvidos no sentido de buscar um método que auxilie equipes de engenharia na identificação dos riscos, para então proceder à definição de estratégias de priorização de atividades de engenharia conceitual na etapa de FEL-2.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCENTURE REPORT. **Achieving Effective Delivery of Capital Projects. Accenture Report.** 2012. Disponível em: <http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-Capital-Projects-Chemicals-Industry.pdf>. Acesso em 14 maio 2013.

ALTSHULER, A., LUBEROFF, D., 2003. **Mega-Projects: The Changing Politics of Urban Public Investment.** The Brookings Institutions, Washington DC.

BONNET, Clifford F. **Practical railway engineering.** 2nd Edition. Imperial College Press. London, 2005.

BRUZELIUS, N., FLYVBJERG, B., ROTHENGATTER, W., 2002. **Big decisions, big risks. Improving accountability in mega projects.** Transport Policy 9 (2), 143–154.

CRISTOFARI JR., Carlos A. **Proposta de método de análise de maturidade e priorização de melhorias na gestão do PDP.** Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 184 p. Março 2008.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Constructability Implementation Guide.** 2nd edition. CII, Texas, 2012.

DIMITRIOU H. T. *et al.* **Mega transport projects—Beyond the ‘iron triangle’: Findings from the OMEGA research programme.** Progress in Planning 86 (2013) pg. 1–43. Londres, 2013.

Federal Transit Administration. **Construction Project Management Handbook.** U.S. Department of Transportation. Washington, DC. 2009.

FLYVBJERG, B., HOLM, M.K.S., BUHL, S.L., 2003. **How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects.** Transport Reviews 23 (1), 71–88.

GIEZEN, Mendel. **Keeping it simple? A case study into the advantages and disadvantages of reducing complexity in mega project planning.** In: International Journal of Project Management 30 (2012) 781–790. Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).

GUNSTEREN, L. A. van; LOON, P. P. van. **Managing complex projects: Proposed best practice attributes for managing complex projects and exploring their adoption in practice.** Faculty of Architecture, Delft University of Technology, The Netherlands.

JONES, M. **The case for Front End Loading and Constructability Reviews.** In: PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE CONGRESS. New Orleans, 2004 .Proceedings ... New Orleans: PMI, 2004.

KAYO, E. K.; SECURATO, J. R. **Método Delphi: Fundamentos, críticas e vieses.** Cadernos de Pesquisa em Administração, São Paulo, v.1, n.4, p. 51-61, 1º Sem/97.

LABADESSA, Gino. **Front-End Loading e os Elementos Críticos de Sucesso em Projetos de Capital.** Primeira Edição. 2008.

LANG, A. E. **As ferrovias no Brasil e avaliação econômica de projetos: Uma aplicação em projetos ferroviários.** Dissertação de mestrado em Transportes, Publicação T.DM – 002A/2007, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF 154 p.

LEE,H., TOMMELEIN, I, BALLARD, G. **Design of a Infrastructure Project using a poit-based methodology.** Journal of Management in Engineering, vol 28 (3), jullho 2012, pp291-299.

JHA K. N. e IYER K. C. **Commitment, coordination, competence and the iron triangle.** International Journal of Project Management 25 (2007) 527–540. Nova Delhi, 2006.

MERROW, Edward W. **Industrial Megaprojects: Concepts, Strategies, and Practices for Success.** Estados Unidos das Américas: Ed. John Wiley & Sons, 2011.

MIGUEL, Paulo A. C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução.** Produção, v. 17, n. 1, p. 216-229, Jan./Abr. 2007. Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, USP. São Paulo, Brasil. 2007.

MORAES, Fernando R. G. **Contribuição ao estudo da concepção de projetos de capital em mega empreendimentos.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção. Belo Horizonte: 2010.

Office of Government Commerce (OGC). **Managing Successful Projects with PRINCE2™.** The Stationery Office. London, United Kingdom, 2009.

Office of Government Commerce (OGC). **Portfolio, Programme and Project Management Maturity Model (P3M3) Model.** Acessado em [http://www.p3m3-officialsite.com/P3M3Model/Model\\_mhtry.aspx](http://www.p3m3-officialsite.com/P3M3Model/Model_mhtry.aspx). Disponível em 21/05/2013.

PROFILLIDIS, V.A. **Railway Management and Engineering.** 3ª ed. Ashgate Publishing Limited. Inglaterra, 2006.

ROMERO, F. e ANDERY, P. **A lean front end model for earlier stages of capital projects.** In: ENCUESTRO LATINO-AMERICANO DE GESTIÓN Y ECONOMIA DE LA CONSTRUCCIÓN. Santiago. Chile. 2011.

ROMERO, F. e ANDERY, P. **FEL – Front End Loading e LDPS – Lean Delivery Production System para concepção de projetos de empreendimentos.** Revista Mundo PM. Edição 024. Dez. / Jan. 2009.

ROMERO, F. e ANDERY, P. **Uma análise das técnicas e ferramentas utilizadas no processo de projeto de empreendimentos de capital.** In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONTRUIDO – ENTAC 2010, 2010, Canela (RS). Anais..., Canela: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010. Disponível em CD ROM.

ROMERO, F. **Contribuição ao estudo da concepção de projetos de capital em mega empreendimentos.** Dissertação de mestrado em Construção Civil, Publicação CDU: 69(043), Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SANTOS, A. dos; VIDOTTO, L. S.; GIUBLIN, C. R. **A utilização do método Delphi em pesquisas na área da gestão da construção.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 51-59, abr./jun. 2005.

SANTOS, J. V. **Gestão de Projetos de Infraestrutura Ferroviária: A Dinâmica das Ações Preliminares.** Dissertação de Mestrado em Transportes, Publicação T.DM-010A/2012, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, DF, 99p. 2012.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de técnicas de projetos rodoviários.** 1ª ed. Brasil: Editora PINI Ltda. 2008.

SILVA, E.; MENEZES, E. **Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 2001.

SLACK, Nigel, CHAMBERS, S. e JHONSTON, R. **Project Planning and Control.** In: Slack, Nigel, Chambers, S. e Jhonston, R., Operations Management, 6th ed. London: Prentice Hall, 2010.

SONG, Yan. **Systemic project management.** Journal of Project, Program & Portfolio Management Vol 2 No 2 78-83 © UTSePress and author (s). Lincolnshire, Illinois, USA, 2011.

SOUZA, G. P. **Método para estruturar a integração de previsões utilizando a técnica Delphi.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

THOMAS, M. *et al.* **The Importance of Project Culture in Achieving Quality Outcomes in Construction.** IN: INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION CONGRESS, IGLC-10, Gramado, RS. Proceedings...: UFRGS, 2002. Disponível em CD ROM.

VALE S.A. **Especificação técnica para projetos conceituais ferroviários.** Brasil, 2012.

VALE S.A. **PR-E-200 Implantação de empreendimentos pela metodologia *Front-End>Loading.*** Brasil, 2011.

VALE S.A. **Metodologia FEL.** Programa de Capacitação para Líderes de Projeto de Capital. Brasil, 2012.

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. **EDITAL – CONCORRÊNCIA 006/11. Contratação de empresa especializada para elaborar os estudos de viabilidade**

técnica, econômica e ambiental (EVTEA), distribuídos nos seguintes lotes: Lote 01 - Ferrovia Norte-Sul (FNS) – Trecho Panorama/SP – Porto Rio Grande/RS, com extensão de 1.620 km; Lote 02 - ligação Ferroviária de Mato Grosso do Sul ao Porto de Paranaguá/PR – trecho Maracaju/MS – Paranaguá/PR, com extensão aproximada de 1.116 km. Brasil, 2012. Acessado em [http://www.valec.gov.br/Licitacoes/download/edital/concorrenca\\_Edital\\_2011-006.pdf](http://www.valec.gov.br/Licitacoes/download/edital/concorrenca_Edital_2011-006.pdf) em 16/01/2013 às 00:20 horas.

VIDAL, L.A., MARLE, F., Bocquet, J.C., 2011. **Measuring project complexity using the Analytic Hierarchy Process**. International Journal of Project Management 29 (6), 718–727.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. **Delphi – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 01, nº 12, 2º trim./2000.

YIN, Robert K. **Estudo de caso – planejamento e métodos**. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.

## ANEXO 1 – ANÁLISE DOS DOCUMENTOS DISPONÍVEIS PARA FONTE DOS DADOS

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
1	Verificar o que foi contratado, as disciplinas mais relevantes em termos de custos para o projeto e o aprofundamento em cada disciplina em relação ao esperado para a etapa de FEL2 de acordo com a bibliografia.	Documentos de contratação				
1.1		Especificações Técnicas de engenharia	Especificações das atividades e produtos a serem desenvolvidos na etapa de projeto conceitual.	Especificações técnicas de contratação da engenharia, aerolevanteamento, sondagens e instalações fixas.	Especificações técnicas de contratação da engenharia, aerolevanteamento, sondagens e instalações fixas.	Especificações técnicas de contratação da engenharia, topografia e sondagens.
1.1.1		Análise e definição das diretrizes de traçado	Análise das alternativas estudadas na fase anterior, contemplando as atualizações de dados, critérios e premissas.	Sim	Sim	Sim

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
1.1.2		Caracterização geral complementar da região em estudo	Complementação da caracterização da região em estudo quanto aos aspectos ambientais, climatológicos, de uso e ocupação do solo, e de detecção de interferências com projetos novos e existentes.	Sim	Sim	Sim
1.1.3		Topografia	Caracterização planialtimétrica e cadastral da faixa do terreno necessária a elaboração do projeto, das áreas de fontes de materiais de construção e aquelas decorrentes do movimento de terraplenagem (empréstimos, deposição de materiais excedentes/inservíveis).	Insuficiente. Não abrangeu acessos de serviço, e a área contratada não foi suficiente para todas as alternativas de traçado definidas.	Insuficiente. Não abrangeu acessos de serviço, e a área contratada não foi suficiente para todas as alternativas de traçado definidas.	Insuficiente. Não contemplou todas as áreas de empréstimo necessárias ao projeto.
1.1.4		Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2	Levantamentos das condições geológicas e geotécnicas dos solos locais ao longo das faixas dos traçados em projeto e das áreas de fontes de materiais de construção e terraplenagem.	Sim	Sim	Insuficiente. Não contemplou todas as áreas de empréstimo necessárias ao projeto.

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
1.1.5		Estudos de seleção e de alternativas técnicas ( <i>Trade-offs</i> )	Realização de estudos em situações e locais específicos do projeto, onde permaneça dúvida sobre a solução de engenharia a empregar.	Sim	Sim	Sim
1.1.6		Hidrologia	Obtenção e tratamento de informações para a caracterização hidrológica da região em estudo.	Sim	Sim	Sim
1.1.7		Projeto geométrico	Lançamento dos eixos geométricos das alternativas de traçados escolhidas na planta da base topográfica e estudos de greide com análise de seções transversais.	Sim	Sim	Sim
1.1.8		Serviços preliminares	Serviços necessários antes do início das obras como limpeza do terreno, destoca e supressão de vegetação.	Sim	Sim	Sim
1.1.9		Canteiro de obras	Implantação dos canteiros de obras necessários para a implantação do empreendimento.	Não	Não	Não

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis				
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4	
1.1.10		Terraplenagem	Lançamento das seções tipo de corte e aterro da ferrovia, pátios e terminais na base topográfica, considerando os elementos do projeto geométrico e os resultados dos estudos geológico-geotécnicos.	Sim		Sim	Sim
1.1.11		Pontes	Execução de toda a infra, meso e superestrutura das pontes.	Sim		Sim	Sim
1.1.12		Túneis	Execução de todos os serviços para a implantação de túneis.	Não se aplica		Não se aplica	Não se aplica
1.1.13		Interferências	Desenvolvimento e detalhamento dos projetos para as soluções das interferências detectadas.	Sim		Sim	Sim
1.1.14		Áreas de empréstimos	Mapeamento e estimativa de volumes das áreas que fornecerão materiais para as atividades de terraplenagem, tanto material para aterro como material para concreto e lastro.	Não		Sim	Sim
1.1.15		Áreas de disposição de material excedente	Mapeamento e estimativa de volumes das áreas destinadas à disposição de material excedente dos cortes.	Não		Sim	Sim

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
1.1.16		Edificações e instalações fixas	Desenvolvimento e detalhamento do projeto referente às instalações fixas.	Não	Não	Não se aplica
1.1.17		Infraestrutura	Dispositivos e estruturas necessárias para garantir o adequado funcionamento e o aumento de vida útil do empreendimento como, por exemplo, drenagens superficiais e profundas, obras de arte corrente e demais obras de arte especiais.	Sim	Sim	Sim
1.1.18		Superestrutura	Desenvolvimento do projeto referente aos elementos componentes do pavimento ferroviário.	Sim	Sim	Sim
1.1.19		Telecomunicação e automação	Desenvolvimento e detalhamento do projeto de sinalização ferroviária.	Não	Não	Não
1.1.20		Acessos rodoviários para manutenção	Estradas necessárias para a operação e manutenção do empreendimento. No caso de projetos rodoviários este item provavelmente deverá ser desconsiderado.	Não	Sim	Sim
1.1.21		Paisagismo e serviços complementares	Desenvolvimento e detalhamento dos projetos de obras complementares.	Sim	Sim	Sim

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis				
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4	
1.1.22		Projeto para aquisição de áreas	Desenvolvimento e detalhamento do projeto para aquisição de áreas destinadas a implantação do projeto.	Sim		Sim	Sim
1.1.23		Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico	Elaboração do programa de investigação geotécnica de campo e ensaios de laboratório para a fase de projeto básico.	Não		Não	Não
1.1.24		Relatório de engenharia	Relatório descrevendo os produtos de cada disciplina da engenharia.	Sim		Sim	Sim
1.1.25		Estimativa de quantidades e preços de engenharia	Planilha de quantidades e preços dos itens que compõe as os serviços e materiais previstos para a etapa de construção.	Sim		Sim	Sim
1.2		Planilhas de contratação de engenharia com quantitativos e preços	Planilha de quantidades e preços dos itens que compõe as atividades de engenharia previstas para a etapa de projeto conceitual.	Planilhas de quantidade e preços de contratação da engenharia, aerolevanteamento, sondagens e instalações fixas.	Planilhas de quantidade e preços de contratação da engenharia, aerolevanteamento, sondagens e instalações fixas.		Planilhas de quantidade e preços de contratação da engenharia, topografia e sondagens.
1.3		Propostas técnicas	Propostas técnicas com o entendimento das projetistas sobre o escopo a ser desenvolvido, o que permitirá comparar eventuais diferenças de entendimento.	Proposta técnica da empresa prestadoras de serviços de projetos e sondagens geotécnicas.	Proposta técnica da empresa projetista.		Proposta técnica da empresa projetista.

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
1.3.1		Análise e definição das diretrizes de traçado	Análise das alternativas estudadas na fase anterior, contemplando as atualizações de dados, critérios e premissas.	Sim	Sim	Sim
1.3.2		Caracterização geral complementar da região em estudo	Complementação da caracterização da região em estudo quanto aos aspectos ambientais, climatológicos, de uso e ocupação do solo, e de detecção de interferências com projetos novos e existentes.	Sim	Sim	Sim
1.3.3		Topografia	Caracterização planialtimétrica e cadastral da faixa do terreno necessária a elaboração do projeto, das áreas de fontes de materiais de construção e aquelas decorrentes do movimento de terraplenagem (empréstimos, deposição de materiais excedentes/inservíveis).	Insuficiente. Não abrangeu acessos de serviço, e a área contratada não foi suficiente para todas as alternativas de traçado definidas.	Insuficiente. Não abrangeu acessos de serviço, e a área contratada não foi suficiente para todas as alternativas de traçado definidas.	Insuficiente. Não contemplou todas as áreas de empréstimo necessárias ao projeto.
1.3.4		Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2	Levantamentos das condições geológicas e geotécnicas dos solos locais ao longo das faixas dos traçados em projeto e das áreas de fontes de materiais de construção e terraplenagem.	Sim	Sim	Insuficiente. Não contemplou todas as áreas de empréstimo necessárias ao projeto.

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
1.3.5		Estudos e seleção de alternativas técnicas ( <i>Trade-offs</i> )	Realização de estudos em situações e locais específicos do projeto, onde permaneça dúvida sobre a solução de engenharia a empregar.	Sim	Sim	Sim
1.3.6		Hidrologia	Obtenção e tratamento de informações para a caracterização hidrológica da região em estudo.	Sim	Sim	Sim
1.3.7		Projeto geométrico	Lançamento dos eixos geométricos das alternativas de traçados escolhidas na planta da base topográfica e estudos de greide com análise de seções transversais.	Sim	Sim	Sim
1.3.8		Serviços preliminares	Serviços necessários antes do início das obras como limpeza do terreno, destoca e supressão de vegetação.	Sim	Sim	Sim
1.3.9		Canteiro de obras	Implantação dos canteiros de obras necessários para a implantação do empreendimento.	Não	Não	Não

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
1.3.10		Terraplenagem	Lançamento das seções tipo de corte e aterro da ferrovia, pátios e terminais na base topográfica, considerando os elementos do projeto geométrico e os resultados dos estudos geológico-geotécnicos.	Sim	Sim	Sim
1.3.11		Pontes	Execução de toda a infra, meso e superestrutura das pontes.	Sim	Sim	Sim
1.3.12		Túneis	Execução de todos os serviços para a implantação de túneis.	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
1.3.13		Interferências	Desenvolvimento e detalhamento dos projetos para as soluções das interferências detectadas.	Sim	Sim	Sim
1.3.14		Áreas de empréstimos	Mapeamento e estimativa de volumes das áreas que fornecerão materiais para as atividades de terraplenagem, tanto material para aterro como material para concreto e lastro.	Não	Sim	Sim
1.3.15		Áreas de disposição de material excedente	Mapeamento e estimativa de volumes das áreas destinadas à disposição de material excedente dos cortes.	Não	Sim	Sim

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
1.3.16		Edificações e instalações fixas	Desenvolvimento e detalhamento do projeto referente às instalações fixas.	Não	Não	Não se aplica
1.3.17		Infraestrutura	Dispositivos e estruturas necessárias para garantir o adequado funcionamento e o aumento de vida útil do empreendimento como, por exemplo, drenagens superficiais e profundas, obras de arte corrente e demais obras de arte especiais.	Sim	Sim	Sim
1.3.18		Superestrutura	Desenvolvimento do projeto referente aos elementos componentes do pavimento ferroviário.	Sim	Sim	Sim
1.3.19		Telecomunicação e automação	Desenvolvimento e detalhamento do projeto de sinalização ferroviária.	Não	Não	Não
1.3.20		Acessos rodoviários para manutenção	Estradas necessárias para a operação e manutenção do empreendimento. No caso de projetos rodoviários este item provavelmente deverá ser desconsiderado.	Sim	Sim	Sim
1.3.21		Paisagismo e serviços complementares	Desenvolvimento e detalhamento dos projetos de obras complementares.	Sim	Sim	Sim

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
1.3.22		Projeto para aquisição de áreas	Desenvolvimento e detalhamento do projeto para aquisição de áreas destinadas a implantação do projeto.	Sim	Sim	Sim
1.3.23		Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico	Elaboração do programa de investigação geotécnica de campo e ensaios de laboratório para a fase de projeto básico.	Não	Não	Não
1.3.24		Relatório de engenharia	Relatório descrevendo os produtos de cada disciplina da engenharia.	Sim	Sim	Sim
1.3.25		Estimativa de quantidades e preços de engenharia	Planilha de quantidades e preços dos itens que compõe as os serviços e materiais previstos para a etapa de construção.	Sim	Sim	Sim
1.4		Contratos e Ordens de serviço	Documentos autorizando o início dos serviços de engenharia.	Contrato com a empresa projetista.	Contrato com a empresa projetista.	Ordens de serviço dadas à empresa projetista.

			Descrição dos dados disponíveis			
Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
2	Analisar o planejamento da engenharia, identificando as disciplinas mais relevantes em termos de prazo de desenvolvimento do projeto conceitual.	Cronograma de desenvolvimento da Engenharia Conceitual.	Cronograma com as atividades previstas para a etapa de projeto conceitual.	Cronograma. CR-2001SI-F-0Z0001 Rev A – Cronograma de desenvolvimento do projeto de engenharia dos casos 1 e 2 elaborado utilizando o software MS Project.	Cronograma. Caso 3 - Cronograma - Empreendedor - Fase 1 – Cronograma de desenvolvimento do projeto da ferrovia do caso 3 elaborado utilizando o software MS Project.	Cronograma. Cronograma – Caso 4 - 2011.04.20 – Cronograma de desenvolvimento do projeto da ferrovia do caso 4 elaborado utilizando o software Primavera P6.
3	Analisar o planejamento da construção, identificando as disciplinas mais relevantes em termos de prazo de construção	Cronograma estimados para a construção.	Cronograma com as atividades previstas para a etapa de construção.	Cronograma. 03_N1550_Cronogr. Casos 1 e 2_01.12.10 – Cronograma de desenvolvimento de projetos e construção das ferrovias dos casos 1 e 2 elaborado utilizando o software MS Project.	Cronograma. PX-2005ZM-G-00003 – 00 – Cronograma de construção da ferrovia do caso 3 elaborado utilizando o software MS Project.	Cronograma. Anexo 06 do RL-2530KF-G-00603 – Cronograma de construção da ferroviado caso 4 elaborado utilizando o software Primavera P6.

			Descrição dos dados disponíveis			
Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
4	Identificar com base nas descrições periódicas dos serviços quais foram os pontos críticos dos trabalhos e tentar identificar as possíveis soluções adotadas.	Relatório periódico de desenvolvimento da engenharia e das atividades de campo.	Atas de reunião e relatórios descrevendo as atividades de engenharia desenvolvidas durante o projeto, inclusive as atividades de campo descrevendo os problemas e limitações encontradas.	Relatórios de acompanhamento das atividades de engenharia.	Relatórios de acompanhamento das atividades de engenharia.	Atas de reuniões realizadas entre a contratante e a empresa projetista.
5	Comparar o que foi realizado com o que se espera para a etapa de FEL2 de acordo com a revisão bibliográfica.	Desenvolvimento da engenharia:		RL-2000ZM-G-00002_00; MD-1100BZ-A-00815_REV A; MD-1100BZ-V-00953_Rev A; MD-1100BZ-X-00304_Rev B; MD-1105BZ-Y-00472_REV C; MD-1105BZ-Y-00821_Rev A; MD-1105BZ-Y-00823_Rev A; MD-2510LI-C-00567_Rev A; MD-1110BZ-C-00854_Rev A; RL_VIP Construtibilidade Casos 1, 2 e 3_R01	RL-2000ZM-G-00002; Relatório de descrição do empreendimento entregue ao governo dos países pelos quais a ferrovia passava; RL_VIP Construtibilidade Casos 1, 2 e 3_R01.	RL-2530KF-B-00163_REV_2; RL-2530KF-B-00351_REV_0; RL-2530KF-B-00353_REV_0; RL-2530KF-G-00500_REV_0; RL-2530KF-J-00350_REV_0; RL-2530KF-V-00354_REV_1; RL-2530KF-X-00355_REV_1; RL_2530KF_G-00603

			Descrição dos dados disponíveis			
Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
5.1		Análise e definição das diretrizes de traçado	Análise das alternativas estudadas na fase anterior, contemplando as atualizações de dados, critérios e premissas.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de FAST EV utilizado para a seleção da alternativa dos traçados.  RL-0000KF-G-00613_RL_FAST_EV_REV 1
5.2		Caracterização geral complementar da região em estudo	Complementação da caracterização da região em estudo quanto aos aspectos ambientais, climatológicos, de uso e ocupação do solo, e de detecção de interferências com projetos novos e existentes.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.3		Topografia	Caracterização planialtimétrica e cadastral da faixa do terreno necessária a elaboração do projeto, das áreas de fontes de materiais de construção e aquelas decorrentes do movimento de terraplenagem (empréstimos, deposição de materiais excedentes/inservíveis).	Documentos de levantamento aéreo, relatório de engenharia e desenhos.	Documentos de levantamento aéreo, relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
5.4		Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2	Levantamentos das condições geológicas e geotécnicas dos solos locais ao longo das faixas dos traçados em projeto e das áreas de fontes de materiais de construção e terraplenagem.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.5		Estudos e seleção de alternativas técnicas ( <i>Trade-offs</i> )	Realização de estudos em situações e locais específicos do projeto, onde permaneça dúvida sobre a solução de engenharia a empregar.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e documento de comparação entre tipos de bueiros e pontes.	FAST EV e relatório de engenharia
5.6		Hidrologia	Obtenção e tratamento de informações para a caracterização hidrológica da região em estudo.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.7		Projeto geométrico	Lançamento dos eixos geométricos das alternativas de traçados escolhidas na planta da base topográfica e estudos de greide com análise de seções transversais.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.8		Serviços preliminares	Serviços necessários antes do início das obras como limpeza do terreno, destoca e supressão de vegetação.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
5.9		Canteiro de obras	Implantação dos canteiros de obras necessários para a implantação do empreendimento.	Não foram dimensionados.	Não foram dimensionados.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.10		Terraplenagem	Lançamento das seções tipo de corte e aterro da ferrovia, pátios e terminais na base topográfica, considerando os elementos do projeto geométrico e os resultados dos estudos geológico-geotécnicos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.11		Pontes	Execução de toda a infra, meso e superestrutura das pontes.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.12		Túneis	Execução de todos os serviços para a implantação de túneis.	Não há ocorrência de túneis nesse projeto.	Não há ocorrência de túneis nesse projeto.	Não há ocorrência de túneis nesse projeto.
5.13		Interferências	Desenvolvimento e detalhamento dos projetos para as soluções das interferências detectadas.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.14		Áreas de empréstimos	Mapeamento e estimativa de volumes das áreas que fornecerão materiais para as atividades de terraplenagem, tanto material para aterro como material para concreto e lastro.	Não foram mapeadas.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
5.15		Áreas de disposição de material excedente	Mapeamento e estimativa de volumes das áreas destinadas à disposição de material excedente dos cortes.	Não foram mapeadas.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.16		Edificações e instalações fixas	Desenvolvimento e detalhamento do projeto referente às instalações fixas.	Não foi desenvolvido o projeto.	Não foi desenvolvido o projeto.	Não há necessidade de instalações fixas nesse projeto.
5.17		Infraestrutura	Dispositivos e estruturas necessárias para garantir o adequado funcionamento e o aumento de vida útil do empreendimento como, por exemplo, drenagens superficiais e profundas, obras de arte corrente e demais obras de arte especiais.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.18		Superestrutura	Desenvolvimento do projeto referente aos elementos componentes do pavimento ferroviário.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.19		Telecomunicação e automação	Desenvolvimento e detalhamento do projeto de sinalização ferroviária.	Não foi desenvolvido o projeto.	Não foi desenvolvido o projeto.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.20		Acessos rodoviários para manutenção	Estradas necessárias para a operação e manutenção do empreendimento. No caso de projetos rodoviários este item provavelmente deverá ser desconsiderado.	Não foi desenvolvido os estudos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
5.21		Paisagismo e serviços complementares	Desenvolvimento e detalhamento dos projetos de obras complementares.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.22		Projeto para aquisição de áreas	Desenvolvimento e detalhamento do projeto para aquisição de áreas destinadas a implantação do projeto.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.	Relatório de engenharia e desenhos.
5.23		Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico	Elaboração do programa de investigação geotécnica de campo e ensaios de laboratório para a fase de projeto básico.	Relatório de engenharia e estudos geotécnicos.	Relatório de engenharia e estudos geotécnicos.	Relatório de engenharia e estudos geotécnicos.
5.24		Relatório de engenharia	Relatório descrevendo os produtos de cada disciplina da engenharia.	Relatórios das diversas disciplinas do projeto.	Relatórios das diversas disciplinas do projeto.	Relatórios das diversas disciplinas do projeto.
5.25		Estimativa de quantidades e preços de engenharia	Planilha de quantidades e preços dos itens que compõe os serviços e materiais previstos para a etapa de construção.	Planilhas com o orçamento das obras. PX-1100BZ-B-00101_REV 0 – Planilha e relatório de estimativa de custos para a construção das ferrovias dos casos 1 e 2.	Planilhas com o orçamento das obras. 607643-0333ET-0D610-SDT3-0001_00 – Planilha de estimativa de custos para a construção da ferrovia do caso 3.	Planilhas com o orçamento das obras. PQ-2530KF-B-00350_REV_0 e RL-2530KF-G-00020 – Planilha e relatório de estimativa de custos para a construção da ferrovia do caso 4.

			Descrição dos dados disponíveis			
Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
6	Analisar a aplicação das VIPs e identificar possíveis ganhos para o projeto em termos de custos, prazo e segurança. Identificar as causas que levaram à realização de tais VIPs e entender os ganhos trazidos em função da disponibilização de recursos para essa atividade.	Value Improving Practices (VIPs)		RL-2111BZ-G-00001_RELATÓRIO DE SELEÇÃO DAS VIPs;  RL_VIP Construtibilidade Casos 1, 2 e 3_R01	RL-2010ZM-G-00001_RELATÓRIO DE SELEÇÃO DAS VIPs;  RL_VIP Construtibilidade Casos 1, 2 e 3_R01	RL_0000KF-G-00614;  Check-list da VIP de revisão da construtibilidade.
6.1		Relatórios de aplicação de VIPs.	Relatórios de seleção das VIPs aplicáveis ao projeto e relatórios de execução das VIPs.	Relatório de aplicação da VIP de revisão de construtibilidade.	Relatório de aplicação da VIP de revisão de construtibilidade.	Relatório de aplicação da VIP de revisão de construtibilidade.

Item	Objetivo da análise do item	Documentos	Descrição dos dados disponíveis			
			Esperado para a etapa de FEL 2	Casos 1 e 2	Caso 3	Caso 4
7	Identificar a qualidade da engenharia e os principais pontos de dificuldade encontrados durante o desenvolvimento do projeto. Analisar qualitativamente se essas dificuldades tendem a ocorrer na maioria dos projetos e analisar as disciplinas que mais impactaram em termos de desenvolvimento da engenharia, CAPEX e prazo de execução do projeto.	Análise de produtos	Relatórios de análise técnica, análise de maturidade e demais relatórios que contemplem a avaliação dos produtos de engenharia na etapa de FEL2.	Relatórios de análise dos produtos e serviços de engenharia.  Análise_Produtos_F2_2011.10_r01	Relatórios de análise dos produtos e serviços de engenharia.  Análise_Produtos_F1_2012.01_r02	Relatórios de análise técnica e relatório de análise de maturidade do projeto.  LD-2530KF-F-00159_REV_3; RL-L2040G2-G-001

**ANEXO 2 – FORMULÁRIO DE PESQUISA PARA A 1ª RODADA DE PERGUNTAS  
E RESPOSTAS**

# ANÁLISE DA PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES CRÍTICAS EM PROJETOS LINEARES

Prezado (a),

Somos Humberto Melo, Engenheiro Civil mestrando em Construção Civil na Universidade Federal de Minas Gerais, e Prof. Dr. Paulo R. P. Andery, Coordenador do Mestrado em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais.

Este questionário faz parte de uma pesquisa acadêmica, sem fins lucrativos, para o mestrado em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção (DEMC) da Escola de Engenharia da UFMG, no tema Gestão de Projetos com foco em analisar a priorização de atividades em projetos lineares na etapa de FEL-2, a qual é muito importante no desenvolvimento de estudos de empreendimentos de grande porte.

Você foi escolhido para participar dessa pesquisa pelo método Delphi devido à sua experiência profissional e capacidade de análise da matéria em questão. Para garantir a sua privacidade suas respostas jamais serão reveladas de forma isolada e tampouco serão associadas ao seu nome.

Caso tenha interesse, disponibilizaremos aos participantes dessa pesquisa os resultados da mesma.

O método Delphi foi escolhido para ser aplicado, pois os resultados obtidos com base em entrevistas ou questionários aplicados a diversas pessoas com experiência e conhecimento em algum tema permite fazer previsões acertadas, melhorando a qualidade da tomada de decisão baseada em dados observados de uma amostra relativamente pequena. Para entender melhor essa técnica algumas referências bibliográficas estão indicadas ao final dessa mensagem.

Essa é a primeira etapa e, caso as respostas entre os participantes sejam significativamente divergentes, será necessário pelo menos mais uma rodada de breves perguntas, buscando o consenso.

Agradeço o seu tempo disponibilizado para responder a essas questões. Sua opinião é muito importante e irá contribuir para a consolidação e disseminação de conhecimento relacionado à gestão de projetos.

Qualquer dúvida entre em contato:

Humberto Coelho de Melo  
[hcdmelo@gmail.com](mailto:hcdmelo@gmail.com)

Muito obrigado!

Links para conhecer melhor o programa de mestrado, o orientador e o mestrando:

Pós-graduação DEMC: <http://www.pos.demc.ufmg.br/index2.php>

(Orientador) ANDERY, Paulo R. P.: <http://lattes.cnpq.br/3463303263991617>

(Mestrando) MELO, Humberto C.: <http://lattes.cnpq.br/0354477595125971>

Referências sobre o método Delphi:

KAYO, E. K.; SECURATO, J. R. "Método Delphi: Fundamentos, críticas e vieses." Cadernos de Pesquisa em Administração, São Paulo, v.1, n.4, p. 51-61, 1º Sem/97

SANTOS, A. dos; VIDOTTO, L. S.; GIUBLIN, C. R. "A utilização do método Delphi em pesquisas na área da gestão da construção." Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 51-59, abr./jun. 2005.

SOUZA, G. P. "Método para estruturar a integração de previsões utilizando a técnica Delphi." Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

TUROFF, Murray and LINSTONE, Harold A. "The Delphi Method Techniques and Applications." 2002.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. "Delphi – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo." Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 01, nº 12, 2º trim./2000.

\* Required

## Tema: PROJETOS

---

1. **1. Informe o seu nome completo. \***

Seu nome não será divulgado associado às suas respostas.

-----

2. **2. Informe sua nacionalidade. \***

*Mark only one oval.*

- Brasileiro (a)
- Australiano (a)
- Canadense
- Chinês (a)
- Francês (a)
- Inglês (a)
- Norte americano (a)
- Sulafriano (a)
- Outro (Africano)
- Outro (Asiático)
- Outro (Europeu)
- Outro (Latino americano)
- Outro

3. **3. Qual sua formação em nível de graduação? \***

Descrever o título da graduação. ex.: Engenharia Civil.

-----

**4. 4. Você possui formação em nível de pós-graduação? \***

Selecione seu maior título.

*Mark only one oval.*

- Não possuo pós-graduação
- Especialista (Lato-sensu)
- Mestre (Stricto-sensu)
- Doutor

**5. 5. Qual o seu tempo de experiência em engenharia e/ou construção em projetos lineares? \***

Responda independente da área em que você atuou nos projetos. Considera-se projetos lineares os empreendimentos que ocupam grandes extensões, como é o caso de ferrovias, rodovias, minerodutos, linhas de transmissão, dentre outros.

*Mark only one oval.*

- Não possuo experiência
- Até 3 anos
- 3 a 5 anos
- 5 a 10 anos
- acima de 10 anos

**6. 6. Qual o tipo de projeto linear você possui experiência? \***

*Check all that apply.*

- Ferroviário
- Rodoviário
- Mineroduto
- Gasoduto
- Linha de transmissão / distribuição
- Adutora / Interceptores de esgoto
- Outro

**7. 7. Sua maior experiência é na execução, desenvolvimento de projetos ou ambos? \***

Ponderar entre maior tempo e relevância de sua experiência.

*Mark only one oval.*

- Execução
- Desenvolvimento
- Ambos
- Nenhum dos citados

8. **8. Considerando as disciplinas abaixo, selecione as 5 que tendem a ser mais relevantes em um projeto linear do tipo em que você tem experiência. \***

Entre no link a seguir para ler as convenções adotadas para as disciplinas:

[https://docs.google.com/document/d/13847yci94whlnpMhe8Z0YEfEqMR9On2z0GqDkP\\_C\\_Qc/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/13847yci94whlnpMhe8Z0YEfEqMR9On2z0GqDkP_C_Qc/edit?usp=sharing)

*Check all that apply.*

- Análise e definição das diretrizes de traçado
- Caracterização geral complementar da região em estudo
- Topografia
- Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2
- Estudos e seleção de alternativas técnicas (Trade-offs)
- Hidrologia
- Projeto geométrico
- Serviços preliminares
- Canteiro de obras
- Terraplenagem
- Pontes
- Túneis
- Interferências
- Áreas de empréstimos
- Áreas de disposição de material excedente
- Edificações e instalações fixas
- Infraestrutura
- Superestrutura
- Telecomunicação e automação
- Acessos rodoviários para manutenção
- Paisagismo e serviços complementares
- Projeto para aquisição de áreas
- Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico (FEL-3)

9. **9. Qual o principal parâmetro considerado por você para definir as disciplinas mais importantes? \***

*Mark only one oval.*

- Custos de construção
- Tempo de execução
- Complexidade da execução
- Segurança operacional
- Riscos associados ao fornecimento dos serviços, insumos e materiais na obra
- Desenvolvimento do projeto
- Outros

## Tema: FEL

---

FEL é a metodologia Front-End-Loading do Independent Project Analysis, Inc. (IPA). Lembrar que essa pesquisa visa analisar a priorização de disciplinas em projetos na etapa de FEL-2.

Link para metodologia FEL (em inglês): <http://www.ipaglobal.com/Services/Individual-Capital-Project-Services>

Link FEL-2 (em inglês): <http://www.ipaglobal.com/Services/Individual-Capital-Project-Services/FEL-2>

10. **10. Qual o seu tempo de experiência na metodologia Front-End-Loading (FEL)? \***  
*Mark only one oval.*

- Não possui experiência
- até 3 anos
- 3 a 5 anos
- 5 a 10 anos
- acima de 10 anos

11. **11. Você tem familiaridade com os produtos de engenharia que geralmente são desenvolvidos na etapa de FEL-2 (engenharia conceitual)? \***  
*Mark only one oval.*

- Sim
- Não

## Tema: FERRAMENTA PARA DEFINIÇÃO DE ESCOPO

---

12. **12. Você conhece alguma ferramenta que auxilia na definição do escopo ou programa de necessidades para projetos lineares? \***  
Trata-se de qualquer ferramenta que auxilie na identificação e definição do escopo de trabalho a ser desenvolvido em FEL-2 como, por exemplo, alguma ferramenta computacional que auxilie na definição de quantidade de serviços a serem contratados para uma atividade do projeto com base nos riscos levantados na etapa de projeto.  
*Mark only one oval.*

- Sim
- Não

13. **13. Qual o nome dessa ferramenta?**

Inclua uma resposta somente se a resposta anterior for SIM.

---



---



---



---



---

## Tema: DISCIPLINAS DE PROJETO

---

Entre no link a seguir para ler as convenções adotadas para as disciplinas:

[https://docs.google.com/document/d/13847yci94whlnpMhe8Z0YEFqMR9On2z0GgDkP\\_C\\_Qc/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/13847yci94whlnpMhe8Z0YEFqMR9On2z0GgDkP_C_Qc/edit?usp=sharing).

14. **14. Dê uma nota de importância de 1 a 5 para cada disciplina de um projeto linear de engenharia. \***

1 significa uma disciplina com pouca relevância na etapa de projeto conceitual, enquanto 5 representa a maior relevância nessa etapa.

*Mark only one oval per row.*

	1	2	3	4	5
Análise e definição das diretrizes de traçado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Caracterização geral complementar da região em estudo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Topografia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Estudos e seleção de alternativas técnicas (Trade-offs)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hidrologia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Projeto geométrico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Serviços preliminares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Canteiro de obras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Terraplenagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pontes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Túneis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interferências	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Áreas de empréstimos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Áreas de disposição de material excedente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Edificações e instalações fixas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Infraestrutura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Superestrutura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Telecomunicação e automação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Acessos rodoviários para manutenção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Paisagismo e serviços complementares	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Projeto para aquisição de áreas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico (FEL-3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Tema: DIRETRIZES PARA O PLANEJAMENTO DA ETAPA DE PROJETO CONCEITUAL

Para as afirmações descritas a seguir defina o quanto você concorda com cada uma, atribuindo nota 1 (um) para as que você discorda completamente e 5 (cinco) para as que você concorda totalmente.

Link FEL-2 (em inglês): <http://www.ipaglobal.com/Services/Individual-Capital-Project-Services/FEL-2>

Link Convenções para as disciplinas:

[https://docs.google.com/document/d/13847yci94whlnpMhe8Z0YefqMR9On2z0GqDkP\\_C\\_Qc/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/13847yci94whlnpMhe8Z0YefqMR9On2z0GqDkP_C_Qc/edit?usp=sharing)

15. **15. Antes de se iniciar a execução do FEL2 ou projeto conceitual a equipe do projeto deve se reunir para definir o plano de trabalho focando nas disciplinas de maior relevância. Deve-se avaliar a opinião de pessoas que detenham conhecimento nos quatro aspectos listados a seguir: \***

a. O tipo de projeto a ser desenvolvido (ferrovia, rodovia, linha de transmissão, gasoduto, mineoduto, etc.); b. O local onde o empreendimento será construído, os costumes, comportamento, expectativas e influência da população no empreendimento; c. Sobre a metodologia de desenvolvimento do projeto, no caso a metodologia FEL; d. Análise de maturidade de projetos.

*Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo totalmente.

16. **16. As disciplinas listadas a seguir devem ser analisadas e um ranking de prioridades deve ser estabelecido antes da elaboração dos documentos de contratação dos serviços como as especificações técnicas, requisições, memoriais descritivos, cronogramas, planilhas de quantidade, dentre outros. Todas estão correlacionadas, contudo algumas têm interferência maior entre si. \***

a. Análise e definição das diretrizes de traçado b. Caracterização geral complementar da região em estudo c. Topografia d. Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2. e. Estudos e seleção de alternativas técnicas (Trade-offs) f. Hidrologia g. Projeto geométrico h. Serviços preliminares i. Canteiro de obras j. Terraplenagem k. Pontes l. Túneis m. Interferências n. Áreas de empréstimos o. Áreas de disposição de material excedente p. Edificações e instalações fixas q. Infraestrutura r. Superestrutura s. Telecomunicação e automação t. Acessos rodoviários para manutenção u. Paisagismo e serviços complementares v. Projeto para aquisição de áreas w. Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico (FEL-3).

*Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente.

17. **17. Sondagens devem sempre ser realizadas em projetos lineares em FEL2, exceto em casos quando houver informações geológicas e geotécnicas anteriores, as quais devem ser suficientes para a caracterização geotécnica da obra. \***

*Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente.

18. **18. Na etapa de FEL-2 deve ser adensada a malha de sondagens em locais críticos como, por exemplo, regiões com ocorrência de solo com baixa capacidade de suporte (solo mole). Em regiões com ocorrência predominante de solo com características favoráveis à construção e operação do empreendimento deve-se realizar a menor quantidade de furos possíveis. \***

*Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo totalmente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo totalmente.

23. **Caso queira, insira abaixo qualquer observação ou sugestão sobre a pesquisa ou sobre o tema PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES CRÍTICAS EM PROJETOS LINEARES.**

---

---

---

---

---

24. **Deixe o seu e-mail caso tenha interesse em receber o relatório consolidado com a análise da pesquisa.**

---

---

Powered by



**ANEXO 3 – FORMULÁRIO DE PESQUISA PARA A 2ª RODADA DE PERGUNTAS**

## 2ª rodada - Análise da priorização de disciplinas em projetos lineares

Prezado (a),

Somos Humberto Melo, Engenheiro Civil mestrando em Construção Civil na Universidade Federal de Minas Gerais, e Prof. Dr. Paulo R. P. Andery, Coordenador do Mestrado em Construção Civil da Universidade Federal de Minas Gerais.

Este questionário possui 6 perguntas que visam aprimorar a análise dos dados obtidos na primeira rodada de perguntas e respostas. O tempo estimado para respondê-lo é de 5 minutos.

Para garantir a sua privacidade suas respostas jamais serão reveladas de forma isolada e tampouco serão associadas ao seu nome.

Esta é a segunda rodada de aplicação de questionário parte de uma pesquisa acadêmica, sem fins lucrativos, para o mestrado em Construção Civil do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção (DEMC) da Escola de Engenharia da UFMG, no tema Gestão de Projetos com foco em analisar a priorização de atividades em projetos lineares na etapa de FEL-2.

Agradecemos o seu tempo disponibilizado para responder a essas questões. Sua opinião é muito importante e irá contribuir para a consolidação e disseminação de conhecimento relacionado à gestão de projetos.

Qualquer dúvida entre em contato:

Humberto Coelho de Melo  
[hcdmelo@gmail.com](mailto:hcdmelo@gmail.com)

Muito obrigado!

Links para conhecer melhor o programa de mestrado, o orientador e o mestrando:  
Pós-graduação DEMC: <http://www.pos.demc.ufmg.br/index2.php>  
(Orientador) ANDERY, Paulo R. P.: <http://lattes.cnpq.br/3463303263991617>  
(Mestrando) MELO, Humberto C.: <http://lattes.cnpq.br/0354477595125971>

\* Required

1. **As disciplinas indicadas como mais importantes pelos participantes que responderam à 1ª rodada foram as seguintes. Você concorda? \***

1. Análise e definição das diretrizes de traçado (66,0%); 2. Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2 (61,7%); 3. Topografia (51,1%); 4. Terraplenagem (46,8%); 5. Estudos e seleção de alternativas técnicas (Trade-offs) (44,7%); 6. Projeto geométrico (44,7%).

*Mark only one oval.*

- Não
- Sim

2. **Das disciplinas listadas na questão anterior, você eliminaria alguma? Indicá-la. \***

*Mark only one oval.*

- Manteria todas.
- Análise e definição das diretrizes de traçado
- Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2
- Topografia
- Terraplenagem
- Estudos e seleção de alternativas técnicas (Trade-offs)
- Projeto geométrico

3. **32% dos participantes que responderam à 1ª rodada afirmaram que o principal aspecto considerado na definição das disciplinas mais relevantes é a complexidade do desenvolvimento do projeto, seguido por custos de construção (26%) e complexidade de execução (21%). \***

Com base nessa informação, qual desses 3 aspectos você considera o mais importante na determinação das disciplinas mais relevantes de um projeto?

*Mark only one oval.*

- Desenvolvimento do projeto
- Complexidade da execução
- Custos de construção

4. **Quando solicitado aos participantes da 1ª rodada que atribuíssem notas de importância variando de 1 a 5, as disciplinas com maior média de notas foram as listadas abaixo. \***

Dessas, quais as 2 disciplinas você considera as mais relevantes para projetos lineares na etapa de projeto conceitual (FEL-2)?

*Check all that apply.*

- Análise e definição das diretrizes de traçado (média obtida = 4,6)
- Estudos geológicos e geotécnicos para o projeto conceitual em FEL-2 (média obtida = 4,4)
- Estudos e seleção de alternativas técnicas (Trade-offs) (média obtida = 4,4)
- Topografia (média obtida = 4,3)
- Projeto geométrico (média obtida = 4,2)

5. **Quais disciplinas você incluiria junto com as cinco listadas na pergunta anterior?**

Selecione no máximo 2 opções. Deixar em branco caso a resposta seja nenhuma.

*Check all that apply.*

- Caracterização geral complementar da região em estudo
- Hidrologia
- Serviços preliminares
- Terraplenagem
- Canteiro de obras
- Pontes
- Túneis
- Interferências
- Áreas de empréstimos
- Áreas de disposição de material excedente
- Edificações e instalações fixas
- Infraestrutura
- Superestrutura
- Telecomunicação e automação
- Acessos rodoviários para manutenção
- Paisagismo e serviços complementares
- Projeto para aquisição de áreas
- Plano de estudos geológico-geotécnicos para a fase de projeto básico

6. **As disciplinas mais relevantes devem atingir o nível esperado para projeto básico na etapa de FEL-2, enquanto que as disciplinas de menor relevância podem ser incluídas como verbas nesta fase e desenvolvidas nas etapas posteriores. \***

Você concorda com a afirmação acima?

*Mark only one oval.*

- Sim
- Não

7. **informe seu nome: \***

-----

8. informe seu e-mail: \*

-----

---

Powered by

