

6 Desenvolvimento da Pesquisa Aplicada

Este capítulo mostra a aplicação da metodologia da pesquisa, compreendendo a Fase 2 da mesma, ou seja, a estruturação do problema de avaliação de empresas de projetos através dos contratos da Alunorte sob forma hierárquica. Serão apresentadas as definições, as métricas, as escalas e as considerações dos critérios e subcritérios do problema.

O objetivo do problema é: avaliar a qualidade as projetistas contratadas pela Alunorte. A partir desse objetivo central foram buscados os critérios e subcritérios desse problema para posterior aplicação do AHP para quantificação da avaliação.

6.1. Critérios do Problema

Para a busca por um índice geral de desempenho de projetistas, determinou-se que o método utilizado seria o AHP pelos motivos citados no Capítulo 3. Na Fase 2 da metodologia da pesquisa, o objetivo foi estruturar a hierarquia do problema, conforme prescreve o método AHP. Para tal, nessa segunda fase da pesquisa foram realizados dois *brainstormings*, um sobre os componentes relacionados ao desempenho da Engenharia do Projeto e o outro, sobre os requisitos suficientes e necessários a serem atendidos por uma projetista num empreendimento industrial de grande porte. Os resultados estão enumerados nas listas a seguir.

Componentes do projeto de expansão industrial:

- | | |
|-----------------------|------------------|
| 1. Mercado consumidor | 6. Documentação |
| 2. Projeto Industrial | 7. Instalações |
| 3. Tamanho | 8. Meio Ambiente |
| 4. Complexidade | 9. Orçamento |
| 5. Projetos | 10. Funcionários |

11. Incerteza
12. Contratos
13. Metas

14. Marcos

Componentes influentes no desempenho de uma empresa de projetos contratada para um projeto industrial:

1. Qualidade Técnica
2. Documentação
3. Comprometimento
4. Continuidade de Pessoal
5. Atrasos
6. Planejamento
7. Progresso Físico
8. Modificações de Escopo
9. Tecnologia
10. Contrato

A partir daí, decidiu-se agrupar os principais itens dos *brainstormings* nos grandes grupos (critérios) de avaliação de desempenho de Engenharia do Projeto, conforme Figura 13:



Figura 13 – Critérios do Problema

Esses foram os critérios qualificadores definidos para contratação de projetistas. Fazendo uma analogia à definição de Slack (2002, p. 94) no âmbito da estratégia de produção, “critérios qualificadores são os aspectos da competitividade nos quais o desempenho da produção deve estar acima de um nível determinado, para pelo menos ser considerado pelo cliente”. Esse conceito se aplica no foco de estudo da Engenharia da Alunorte.

O critério Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SSMA) englobou os aspectos do meio ambiente e dos funcionários, que são de máxima importância num projeto fabril. A preocupação com segurança ambiental e segurança no trabalho deve estar incorporada à filosofia de trabalho de uma projetista, porque esta é a filosofia da empresa proprietária do empreendimento em estudo.

O critério Qualidade aglomerou comprometimento, qualidade técnica, documentação em geral, continuidade de pessoal e metas a serem cumpridas. Esses itens afetam diretamente o andamento dos projetos desenvolvidos.

O critério Desvio de Prazo considerou planejamento, atrasos e progresso físico, aspectos principais no atendimento de marcos penalizáveis e de prazos combinados contratualmente.

O critério Desvio de Custo considerou cobranças por modificações de escopo (justas ou não), orçamento e contratos. É um ponto positivo que uma projetista esteja alinhada com o valor orçado no contrato e que gastos extras com modificações de escopo sejam solicitados unicamente devido à decisão do cliente (proprietário do empreendimento).

O quinto critério, Tecnologia, representou as soluções de engenharia oferecidas mediante a projetos de alta complexidade, de grande tamanho e com incerteza, isto é, representa a aplicação de conhecimentos específicos de setores da engenharia para obter uma solução eficiente.

Convém destacar que, desses cinco critérios, quatro explicitamente constituem o pentágono dos critérios de sucesso de Cooke-Davies (2006) citado no Capítulo 2. O único critério dos cinco apontados pelo autor não exposto abertamente foi o escopo. Entretanto, este está implícito nos critérios do problema de avaliação de projetistas apresentados acima, tais quais, Qualidade, de Desvio de Prazo e de Custo. Como dito no Capítulo 2, o cronograma e os custos são impactados diretamente por alteração de escopo do projeto, por perturbar o planejamento realizado de tempo, de recursos e de trabalho. Já com relação à boa qualidade do serviço de uma projetista, o cumprimento do escopo definido é uma

condição necessária. Logo, o escopo está também considerado nos critérios do problema-objetivo estudado.

O critério Tecnologia não é explícito no pentágono de sucesso de gerenciamento de projetos. Entretanto, para o caso do projeto industrial em questão, a tecnologia aplicada é um diferencial. Devido à complexidade do empreendimento e ao grande volume de documentos, projetos e participantes nacionais e internacionais (fornecedores, projetistas, montadores), a Tecnologia (uso de programas e soluções oferecidas) é essencial para o bom desempenho da Engenharia de projeto, por conseguinte, essencial também para as responsáveis diretas pela Engenharia do Projeto, as projetistas.

6.2. Hierarquia do Problema

Os subcritérios foram definidos após discussões e reconsiderações sobre o modelo, como descrito no Capítulo 4 (Fase 2) e ilustrado na Figura 11. Da mesma maneira foram determinados os padrões de intensidade dos critérios, que representam escalas numéricas ou qualitativas pré-definidas para avaliar os critérios.

Para o objetivo de avaliar a qualidade as projetistas através dos contratos da Alunorte, a configuração final da hierarquia com critérios, escalas de intensidade padrão, subcritérios e tipos de análises dos subcritérios (qualitativa ou quantitativa) é mostrada na Figura 14:

Nível 1 - CRITÉRIOS	SSMA	QUALIDADE TÉCNICA			EFICÁCIA (CUMPRIMENTO DO ESCOPO CONTRATADO COM MÍNIMO DISPÊNDIO DE TEMPO)	EFICIÊNCIA (CUMPRIMENTO DO ESCOPO CONTRATADO COM OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS)	TECNOLOGIA APLICADA AO SETOR DE ENGENHARIA	
Escala Padrão do Critério	A B C D E	Excelente Ótima Boa Regular Insuficiente			> 1 = 1 <1	> 1 = 1 <1	Excelente Ótima Boa Regular Insuficiente	
Nível 2 - SUBCRITÉRIOS	Nota de auditoria para entendimento e conhecimento	Nº de Reclamações de Não Conformidade	Nº de Documentos aprovados sem comentários	Qualidade da documentação (Notas dos Especialistas)	SPI= Custo Orçado do Trabalho Realizado/ Valor Planejado na linha de base	CPI= Custo Orçado do Trabalho Realizado/ Custo Real	Capacitação técnica e experiência do pessoal (conhecimento técnico)	TI aplicada aos projetos (uso de programas)
Métrica do Subcritério	Qualitativa	Quantitativa	Quantitativa	Qualitativa	Quantitativa	Quantitativa	Qualitativa	Qualitativa

Figura 14 – Configuração Final da Hierarquia

A Figura 15 detalha as métricas dos subcritérios do modelo final hierarquia do problema:

Nível 1 - CRITÉRIOS	SSMA	QUALIDADE TÉCNICA	EFICÁCIA (CUMPRIMENTO DO ESCOPO CONTRATADO COM MÍNIMO DISPÊNDIO DE TEMPO)	EFICIÊNCIA (CUMPRIMENTO DO ESCOPO CONTRATADO COM OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS)	TECNOLOGIA APLICADA AO SETOR DE ENGENHARIA																																																																																				
Escola Padrão do Critério	A B C D E	Excelente Ótima Boa Regular Insuficiente	> 1 = 1 < 1	> 1 = 1 < 1	Excelente Ótima Boa Regular Insuficiente																																																																																				
Nível 2 - SUBCRITÉRIOS	Nota de auditoria para entendimento e conhecimento	Nº de Documentos aprovados sem comentários	Qualidade da documentação (Notas dos Especialistas)	SPI= Custo Orçado do Trabalho Realizado/ Valor Planejado na linha de base	Capacitação técnica e experiência do pessoal (conhecimento técnico)																																																																																				
Métrica do Subcritério	<table border="1"> <tr> <td>Auditoria</td> <td>Nº de</td> <td>Nota</td> <td>% Docs</td> <td>Nota</td> <td>Percepção na rotina dos especialistas</td> </tr> <tr> <td>A - 8 a 10</td> <td>0</td> <td>10</td> <td>100%</td> <td>10</td> <td>0 a 10</td> </tr> <tr> <td>B - 6 a 8</td> <td>1</td> <td>9</td> <td>90%</td> <td>9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C - 4 a 6</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>80%</td> <td>8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>D - 2 a 4</td> <td>3</td> <td>7</td> <td>70%</td> <td>7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E - 0 a 2</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>60%</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>5</td> <td>5</td> <td>50%</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>6</td> <td>4</td> <td>40%</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>7</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>8</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>9</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>>=10</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Auditoria	Nº de	Nota	% Docs	Nota	Percepção na rotina dos especialistas	A - 8 a 10	0	10	100%	10	0 a 10	B - 6 a 8	1	9	90%	9		C - 4 a 6	2	8	80%	8		D - 2 a 4	3	7	70%	7		E - 0 a 2	4	6	60%	6			5	5	50%	5			6	4	40%	4			7	3					8	2					9	1					>=10	0				<table border="1"> <tr> <td>Percepção na rotina dos</td> <td>Percepção na rotina dos</td> </tr> <tr> <td>0 a 10</td> <td>0 a 10</td> </tr> </table>	Percepção na rotina dos	Percepção na rotina dos	0 a 10	0 a 10	<table border="1"> <tr> <td>Cálculo do SPI</td> <td>Cálculo do CPI</td> </tr> <tr> <td>> 1</td> <td>> 1</td> </tr> <tr> <td>= 1</td> <td>= 1</td> </tr> <tr> <td>< 1</td> <td>< 1</td> </tr> </table>	Cálculo do SPI	Cálculo do CPI	> 1	> 1	= 1	= 1	< 1	< 1	<table border="1"> <tr> <td>TI aplicada aos projetos (uso de programas)</td> </tr> </table>	TI aplicada aos projetos (uso de programas)
Auditoria	Nº de	Nota	% Docs	Nota	Percepção na rotina dos especialistas																																																																																				
A - 8 a 10	0	10	100%	10	0 a 10																																																																																				
B - 6 a 8	1	9	90%	9																																																																																					
C - 4 a 6	2	8	80%	8																																																																																					
D - 2 a 4	3	7	70%	7																																																																																					
E - 0 a 2	4	6	60%	6																																																																																					
	5	5	50%	5																																																																																					
	6	4	40%	4																																																																																					
	7	3																																																																																							
	8	2																																																																																							
	9	1																																																																																							
	>=10	0																																																																																							
Percepção na rotina dos	Percepção na rotina dos																																																																																								
0 a 10	0 a 10																																																																																								
Cálculo do SPI	Cálculo do CPI																																																																																								
> 1	> 1																																																																																								
= 1	= 1																																																																																								
< 1	< 1																																																																																								
TI aplicada aos projetos (uso de programas)																																																																																									
					<table border="1"> <tr> <td>Intensidade Qualitativa</td> <td>Nota Ponderada Calculada</td> </tr> <tr> <td>EXCELENTE</td> <td>9 a 10</td> </tr> <tr> <td>ÓTIMA</td> <td>8 a 9</td> </tr> <tr> <td>BOA</td> <td>7 a 8</td> </tr> <tr> <td>REGULAR</td> <td>6 a 7</td> </tr> <tr> <td>INSUFICIENTE</td> <td>0 a 6</td> </tr> </table>	Intensidade Qualitativa	Nota Ponderada Calculada	EXCELENTE	9 a 10	ÓTIMA	8 a 9	BOA	7 a 8	REGULAR	6 a 7	INSUFICIENTE	0 a 6																																																																								
Intensidade Qualitativa	Nota Ponderada Calculada																																																																																								
EXCELENTE	9 a 10																																																																																								
ÓTIMA	8 a 9																																																																																								
BOA	7 a 8																																																																																								
REGULAR	6 a 7																																																																																								
INSUFICIENTE	0 a 6																																																																																								

Figura 15 – Configuração Final da Hierarquia com Métricas

A seguir serão definidos os subcritérios, as escalas das intensidades dos critérios e as alterações na nomenclatura de quatro critérios da hierarquia.

6.2.1. Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SSMA)

O critério de Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SSMA) tem como subcritério a nota da auditoria para entendimento e conhecimento das normas ambientais e de segurança. O entendimento e o conhecimento são os primeiros passos para que não haja reprovação do projeto por inadequação segundo as normas e legislações vigentes. A escala padrão de qualificação é formada pelas próprias notas da auditoria. A auditoria é realizada pela aplicação de um checklist de mais de 100 itens de verificação de atendimento das normas brasileiras, portanto esse critério é bem fundamentado.

6.2.2. Qualidade Técnica

Para o critério Qualidade Técnica, há três subcritérios. As Reclamações de Não Conformidade (RNC) representam os registros feitos pelo cliente (Alunorte) quando há insatisfação por erro, inadequação ou não atendimento do projeto especificado. O fato de se fazer uma RNC significa algo importante, que realmente incomodou a equipe da Engenharia do Projeto. Sob uma visão otimista de qualidade, o outro subcritério é a “quantidade de documentos aprovados sem comentários”. Afinal, os documentos comentados são de pior qualidade do que aqueles em que não há necessidade de comentários, porque os comentados merecem revisões seguidas de reemissões. O subcritério de “qualidade da documentação” representa a percepção dos engenheiros sobre a qualidade técnica dos documentos emitidos pela projetista. Como os subcritérios referem-se à parte técnica e documental do projeto, o critério foi renomeado para Qualidade Técnica, que é mais apropriado. A escala padrão do critério Qualidade é qualitativa e varia de insuficiente a excelente. A partir das métricas dos subcritérios é que a projetista é enquadrada nessa escala.

Detectou-se grande dificuldade em delimitar uma métrica para reclamações de não conformidade, as RNCs. A métrica aqui adotada é bastante severa, porque independe do tamanho e do tempo. Porém, um índice que considerasse o tamanho e o tempo poderia relevar um número maior de RNCs num projeto de maior porte, o que não é desejável. Por exemplo, um projeto com 10 vezes o número de homem-hora de outro projeto não pode ter 10 vezes o número de RNCs, porque, ainda que o contrato fosse 10 vezes maior, a quantidade de RNCs seria muito alta. De fato, 10 RNCs já é um número indesejável.

6.2.3.

Eficácia (Cumprimento do Escopo dentro do Prazo Contratual)

O critério Desvio de Prazo e o Desvio de Custo foram redefinidos como medidas de *Eficácia* no Cumprimento do Escopo dentro do Prazo Contratual e de *Eficiência* no Cumprimento do Escopo com Otimização dos Recursos, respectivamente.

A métrica desse critério é automatizada, isto é, os valores de progresso físico utilizados no índice são retirados do sistema de tramitação de documentos do projeto. Logo, esse critério é bem consistente e reflete a imagem do projeto frente à situação planejada.

Neto (2006) define eficácia como a relação entre os resultados obtidos e os resultados desejados ou previstos. Para Houaiss (2001) é a virtude ou poder de produzir determinado efeito; segurança de um bom resultado; infalibilidade; capacidade; produtividade; real produção de efeitos. Assim, o subcritério Eficácia seria o cumprimento do escopo contratado no prazo previsto.

O subcritério de Eficácia centralizou-se no índice de desempenho de prazo SPI (*Schedule Performance Index*), que pode mostrar se o projeto está atrasado (ineficaz), adiantado (muito eficaz) ou em dia (eficaz) no atendimento do escopo, segundo o planejado e acordado contratualmente. Esse índice faz parte da teoria Análise de Valor Agregado (*Earned Value Analysis* – EVA) e é consagrado pela de Gerenciamento de Projetos.

$$SPI = \frac{\text{Custo Orçado do Trabalho Realizado (COTR)}}{\text{Custo Orçado do Trabalho Agendado (COTA)}}$$

O índice SPI é a divisão entre o valor agregado e o valor planejado na linha de base, mostrando, assim, a taxa de conversão entre o valor previsto e o valor agregado (Vargas, 2002). Esse autor exemplifica que um SPI = 0,87 significa que 87% do tempo previsto no orçamento foram convertidos em trabalho e que houve uma perda de 13% no tempo disponível. Portanto, não foi eficaz no tempo que tinha para finalizar seu trabalho e mais horas tornam-se necessárias.

A escala padrão adotada para desse subcritério de Eficácia é SPI >1, SPI = 1, SPI <1. Vargas (2002) explica que um SPI igual a 1 significa que o valor planejado foi integralmente agregado ao projeto. Se o SPI for menor do que 1, indica que o projeto está sendo realizado a uma taxa de conversão menor do que a prevista, ou seja, a quantidade financeira prevista para ser agregada no período não foi conseguida, e o projeto está atrasado. Se o SPI é superior a 1, indica que o projeto está agregando resultados a uma velocidade superior ao previsto, ou seja, está adiantado.

Deve-se destacar que o índice SPI não avalia a rapidez, mas a execução dentro do prazo esperado, já que a rapidez nem sempre significa um bom desempenho. Um bom planejamento, uma equipe de qualidade, a responsabilidade e outros aspectos correlacionados garantem que um projeto será executado com eficácia.

6.2.4. Eficiência (Cumprimento do Escopo com Otimização dos Recursos)

De acordo com Neto (2006), eficiência é a relação entre os recursos que deveriam ser consumidos e os recursos realmente consumidos. Pelo dicionário Houaiss (2001) é a virtude ou característica de conseguir o melhor rendimento com o mínimo de erros e/ou dispêndio de energia, tempo, dinheiro ou meios.

Assim, a eficiência seria o bom uso do custo orçado dos recursos para alcance dos resultados.

Para o subcritério de Eficiência adotou-se o índice de desempenho de custo CPI (*Cost Performance Index*), que pode mostrar se o projeto está sendo eficiente ao utilizar seus recursos. Ou seja, se está agregando mais ou menos valor do que seus gastos reais. Esse índice também faz parte da teoria Análise de Valor Agregado (*Earned Value Analysis – EVA*) e é consagrado pela de Gerenciamento de Projetos.

$$CPI = \frac{\text{Custo Orçado do Trabalho Re alizado (COTR)}}{\text{Custo Re al do Trabalho Re alizado (CRTR)}}$$

Os dados usados para o cálculo do CPI são oficiais do boletim de medição do contrato da projetista.

Vargas (2002) explica que um CPI = 0,87 indica que, para cada \$1 de capital realmente consumido, apenas \$0,87 estão sendo convertidos fisicamente em produto e que existe uma perda de \$0,13 por \$1 gasto, o que é ineficiente.

A escala padrão adotada para desse subcritério de Eficiência é CPI >1, CPI = 1, CPI <1. Vargas (2002) explica que um CPI igual a 1 significa que o valor gasto pelo projeto foi integralmente agregado ao projeto (projeto dentro do orçamento). Se o CPI for menor do que 1, indica que o projeto está gastando mais do que o previsto. Se o CPI for maior do que 1, indica que o projeto está custando abaixo do orçamento.

A motivação para a adoção desse método de Análise de Valor Agregado é comparar custo planejado e custo real de forma justa. Não é comparável o custo planejado com o custo real a não ser que se tenha efetivamente realizado aquilo que foi planejado, isto é, se o progresso físico real não condiz com o progresso físico planejado, então não há como comparar o custo real com o custo planejado. Nesse caso, seriam medidas incompatíveis.

Vale ressaltar que o CPI não se avalia o preço, mas o uso devido do orçamento conforme planejado no contrato. Não se busca o mais barato, mas sim o eficiente. Uma empresa pode ser barata, mas, devido à sua ineficiência, pode tornar-se mais cara pelas modificações de escopo solicitadas face ao não cumprimento de seus serviços por algum motivo, seja qualidade, falta de profissionais capazes, mau planejamento, entre outros.

6.2.5. Tecnologia Aplicada ao Setor de Engenharia

O critério Tecnologia Aplicada ao Setor de Engenharia representa a agilidade na resolução de problemas, o conhecimento e experiência da equipe técnica e as soluções oferecidas (atendimento aos requisitos, inovação), que são itens influentes na qualidade de uma projetista. Assim, o critério Tecnologia Aplicada ao Setor de Engenharia foi desmembrado em dois subcritérios: capacitação técnica e experiência, e uso de tecnologia da informação (TI) nos projetos. Os padrões assim foram definidos como iguais aos do critério de Qualidade Técnica, sendo qualitativos.