

## **4 Configuração de Referência**

Com o principal objetivo de contextualização do problema no universo de pesquisa examinado, neste capítulo apresentam-se as soluções atualmente implementadas para as duas plantas industriais alvo do estudo. A apresentação aqui contida terá caráter predominantemente qualitativo.

É importante ressaltar que, ainda que o estudo seja aplicado em apenas duas plantas, com razoável simplicidade poderia se replicar seu conceito para outras demandas similares.

Devido ao caráter estritamente acadêmico do trabalho, será mantido o sigilo empresarial das plantas estudadas. Isto não deve em nada comprometer a validade do mesmo uma vez que os dados e memória de cálculo necessários às conclusões estão descritos nos apêndices e podem servir de base para eventuais aplicações com fins empresariais.

### **4.1 Configuração de Referência para Planta 1**

O primeiro estudo de caso apresentado no presente trabalho consiste em uma unidade industrial localizada na região Norte do Brasil.

A operação desta unidade é bastante intensiva em energia, tornando a estratégia de suprimentos de combustíveis um dos principais fatores de competitividade da empresa. Por estar localizada distante de seus principais mercados consumidores, o custo logístico do transporte do produto acabado força ainda mais a pressão sobre os demais custos da operação.

Tal unidade consome aproximadamente 750 mil toneladas de Óleo Combustível (OC) por ano como fonte de energia para suas operações. O OC representa parcela muito significativa dos custos de produção desta planta: aproximadamente 15% do custo total do produto acabado. O outro combustível representativo na matriz energética desta planta é o carvão, cuja demanda anual é 1,25 milhões de toneladas por ano. O carvão

representa aproximadamente 16% do custo do produto final. Desta forma, somados, o custo do OC e do carvão representam aproximadamente 31% do custo total do produto desta planta industrial.

O consumo de energia nesta planta é extremamente regular durante o ano, não se verificando qualquer efeito sazonal. O produto industrializado nesta planta encontra-se em momento de especial demanda no mercado mundial, e projetos de expansão estão em andamento o que poderia conduzir a um aumento de produção de até 100%.

A planta industrial está localizada nas proximidades de terminal marítimo que dispõe de instalações para recebimento e armazenagem de Óleo Combustível, carvão e outras materias-primas, além de escoar boa parte da produção da planta.

O terminal conta com 4 berços de atracação e equipamentos que juntos possibilitam ao porto carregar e descarregar granéis sólidos, carga geral e granéis líquidos. A equipe do porto está preparada para operar 24 horas por dia nos 7 dias da semana. O berço de maior calado do porto tem profundidade de 20 m.

#### **4.1.1 Logística do Óleo Combustível**

O OC utilizado na operação desta unidade é proveniente de refinarias localizadas no Sudeste do Brasil. Desta forma, apenas o custo logístico (carregamento na origem, transporte marítimo, descarga no terminal destino, armazenamento, transferência dutoviária, armazenagem e estoque) representa aproximadamente 22% do custo de aquisição do OC.

A Figura 4.1 apresenta o macrofluxo da logística do Óleo Combustível desde a Refinaria até o ponto de consumo com os custos de cada etapa e acumulado.

O Óleo Combustível é transportado até a planta de destino através de navegação por cabotagem. Em geral, navios de granel líquido dedicados a esta operação carregam o OC em terminais próximos a refinarias

localizadas na região Sudeste do Brasil e sobem a costa nacional descarregando em diversos terminais das regiões Nordeste e Norte (inclusive o terminal mencionado neste estudo de caso). Usualmente 8 navios são direcionados a esta operação, porém este número pode sofrer pequena variação em alguns momentos. A capacidade de transporte destes graneleiros varia de 5 000 a 60 000 ton.

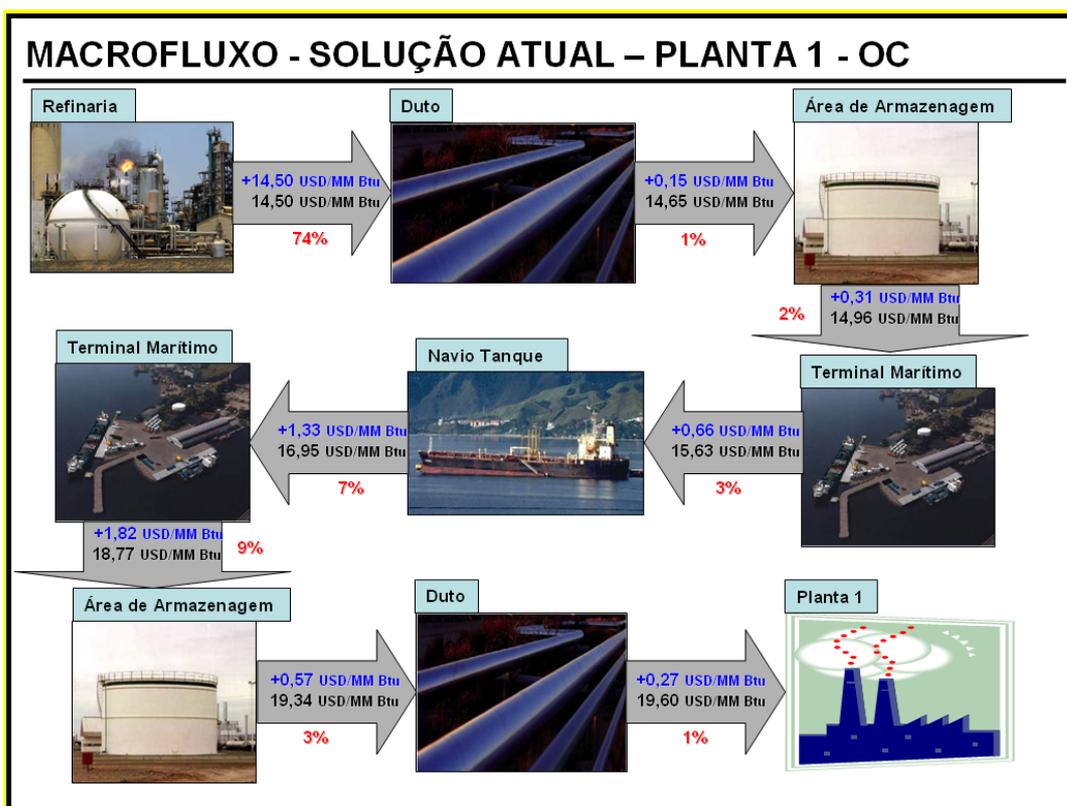


Figura 4.1 – Macrofluxo da Cadeia de Suprimento de OC para Planta 1

Do volume total de OC descarregado neste terminal, aproximadamente 80% se destina ao atendimento da demanda da planta em estudo. A taxa de descarga do navio é de aproximadamente 5 500 ton/h.

Para recebimento de óleo combustível, além das bombas, dutos e válvulas adequados à descarga, o terminal conta com tancagem para recebimento e armazenagem de até 40 000 ton. Destes tanques partem dutos que interligam o terminal marítimo até a planta. A extensão destes dutos é de aproximadamente 6 km. Na planta, o parque de tanques é

capaz de armazenar 20 000 ton de OC, volume correspondente a 10 dias de estoque, dado o consumo previamente mencionado.

A tancagem da planta alimenta o grupo de equipamentos de utilidade que utilizam o OC como combustível. Um conjunto de 7 calcinadores e 4 caldeiras são os responsáveis por, a partir do óleo, gerar a energia demandada pelo processo. Todos os 11 equipamentos funcionam ininterruptamente durante o ano, parando apenas durante os períodos de manutenção programada.

A queima do OC, embora amplamente estudada e conhecida, apresenta alguns inconvenientes com relação a outros combustíveis mais leves.

Do ponto de vista operacional, a emissão de fuligens na queima do OC demanda constante e onerosa manutenção preventiva. Além disso, por ser bastante heterogêneo em sua composição, é bastante comum que borras se depositem com o tempo em fundos de tanque e dutos.

Sob o aspecto ambiental, a mesma fuligem e gases causadores do efeito estufa são constante motivo de monitoramento e controle no processo produtivo.

#### **4.1.2 Logística do carvão**

O carvão demandado pela planta é abundante em diversos países, sendo usualmente importado da Austrália, China, Rússia, Ucrânia, Colômbia ou África do Sul. A decisão do país de origem do carvão depende fundamentalmente dos vetores de demanda e oferta em cada mercado consumidor e produtor.

Atualmente os mercados produtores russo e ucraniano encontram-se com sérias restrições de oferta, ocasionadas por gargalos em suas logísticas ferroviárias internas e problemas políticos na fronteira entre os países.

O mercado chinês, por sua vez, não recebeu qualquer impacto em oferta recentemente; entretanto, a própria demanda interna que alimenta

o crescimento acelerado de sua economia faz com que a disponibilidade diminua e os preços aumentem para o mercado internacional.

A África do Sul, muito impactada pelos eventos nos mercados do Mar Negro e Báltico e pela crescente demanda chinesa, recebe boa parte da demanda não atendida por esses. Adicionalmente, é notório que as reservas de carvão na África do Sul há algum tempo se aproximam de seu natural processo de esgotamento.

Com relação ao carvão colombiano, se por um lado a logística marítima é fortemente favorecida pela proximidade, por outro lado a logística interna colombiana, desde a mina até o porto, onera bastante os custos até o carregamento.

Os portos sul-africanos e australianos são, em geral, os mais bem equipados e eficientes nas operações de carregamento de carvão. A logística interna para transporte de carvão das minas até os portos de carregamento (em geral modal ferroviário) destes dois países também se destaca entre os demais. A grande transformação atualmente em curso ocorre na China, onde toda infra-estrutura logística recebe forte aporte e moderniza-se rapidamente.

A partir de um dos países citados, o carvão é carregado em navios de transporte de granel sólido. Normalmente os navios utilizados nesta operação possuem capacidade de transporte 35 000 a 70 000 toneladas. Sendo a demanda da planta 1 de 1,25 milhões de toneladas por ano, usualmente contratam-se de 20 a 30 navios por ano.

No que diz respeito à infra-estrutura para recebimento de carvão, o calado do porto permite o recebimento de navios que transportam até 120 000 toneladas do combustível sólido. O pátio do porto é capaz de estocar 150 000 toneladas de carvão sendo o mesmo transferido para a planta através de correias transportadoras. A capacidade de estocagem de carvão na planta é de 30 000 toneladas, o que corresponde a aproximadamente 9 dias de estoque.

O transporte do carvão do porto até a planta é realizado através de correias transportadoras cujo traçado total é de aproximadamente 8 km.

Já no pátio da planta, o carvão alimenta duas caldeiras que geram o restante da energia demandada pela operação.

Caldeiras a carvão possuem tecnologia perfeitamente conhecida e dominada. Ainda assim, em comparação com outros combustíveis deve-se observar que, tal como mencionado para o OC, a queima do carvão gera quantidade significativa de fuligem e gases poluentes. Portanto, os mesmos comentários de caráter operacional e ambiental feitos para a queima do óleo combustível também são válidos para o carvão.

Segue fluxo de material do Carvão da Mina até a planta onde será consumido (Figura 4.2) com indicação de custo de cada etapa e acumulado.

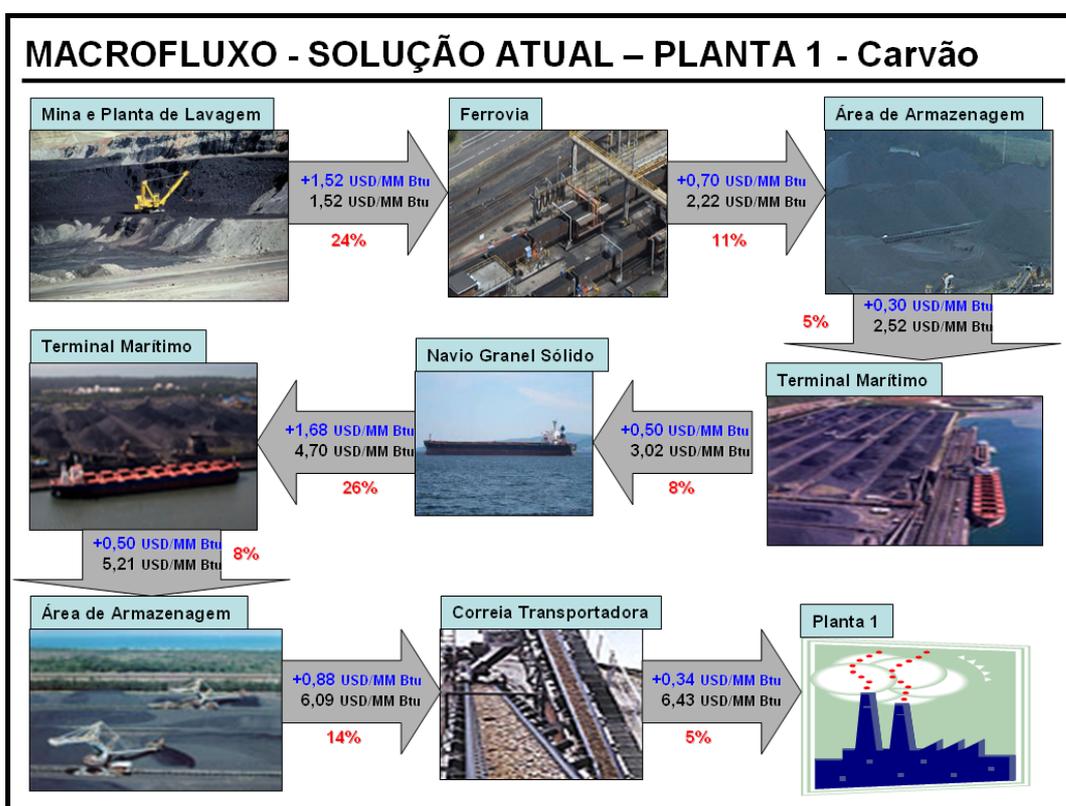


Figura 4.2 – Macrofluxo da Cadeia de Suprimento de Carvão para Planta 1

## 4.2 Configuração de Referência para Planta 2

O segundo estudo de caso apresentado neste trabalho consiste em uma unidade industrial localizada na região Nordeste do Brasil, em local distante aproximadamente 1000 km do gasoduto mais próximo. Tal unidade consome aproximadamente 105 mil toneladas de Óleo Combustível por ano como fonte de energia para suas operações. O OC

representa parcela significativa dos custos de produção desta planta: aproximadamente 5% do custo total do produto acabado.

A planta industrial está localizada nas proximidades de terminal marítimo que dispõe de instalações para recebimento e armazenagem de Óleo Combustível.

#### **4.2.1 Logística do Óleo Combustível**

Toda a logística de suprimentos de óleo combustível para a Planta 2 é muito semelhante à logística da Planta 1. Basicamente, o OC tem como origem as mesmas refinarias do Sudeste brasileiro e a navegação de cabotagem é igualmente o modal em operação utilizado para transporte até o terminal marítimo próximo à planta de consumo.

Assim como mencionado para o terminal marítimo próximo à Planta 1, o terminal próximo à Planta 2 também é um dos terminais da costa Nordeste brasileira com parada usual dos navios dedicados a esta rota.

Dado um calado de 19 metros, o terminal marítimo é capaz de receber sem transtornos os navios que costumam fazer o transporte de cabotagem de óleo. Tancagem para recebimento e armazenagem de até 50 000 ton está instalada em área adequada do porto. A descarga ocorre a uma taxa média de 1 000 ton/h. A demanda de OC da Planta 2 corresponde a aproximadamente 60% de todo o volume de OC movimentado no terminal marítimo. A taxa de descarga do navio é de aproximadamente 6 200 ton/h.

Dutos ligam o terminal marítimo até a planta. A extensão destes dutos é de aproximadamente 4 km. Após cada descarga de recebimento de OC no terminal marítimo bombeia-se para o parque de tanques da planta o volume que correspondente ao seu pedido de compra. O volume exato e a frequência de bombeio naturalmente variam com a demanda da planta, entretanto historicamente os bombeios são de 3 000 a 4 000 ton de OC e ocorrem em intervalos de 12 a 16 dias.

Na planta, a capacidade de armazenagem é de 10 000 ton de OC, volume correspondente a 40 dias de estoque, dado o consumo previamente mencionado. O consumo de energia (atualmente 100%

dependente do OC) nesta planta é satisfatoriamente regular durante o ano, não se verificando qualquer efeito sazonal.

A partir do tanque da Planta 2, o OC alimenta conjuntos de 60 queimadores que tem como função fornecer energia direta ao processo industrial. Em geral, a qualquer momento, entre 60% e 80% dos queimadores está em operação. A escala de funcionamento dos queimadores é feita de forma a permitir o atendimento às manutenções programadas de cada equipamento sem em nenhum momento comprometer a continuidade do processo produtivo.

Muito embora o processo de queima dos combustíveis seja bastante diferente, os mesmos comentários sobre questões ambientais (emissão de fuligem e gases causadores de efeito estufa) e operacionais (acúmulo de material de queima imperfeita nos queimadores, tanques e dutos) feitos para a Planta 1 também se aplicam para a Planta 2.

Segue abaixo o fluxo de movimentação do OC até a planta onde será consumido (Figura 4.3).

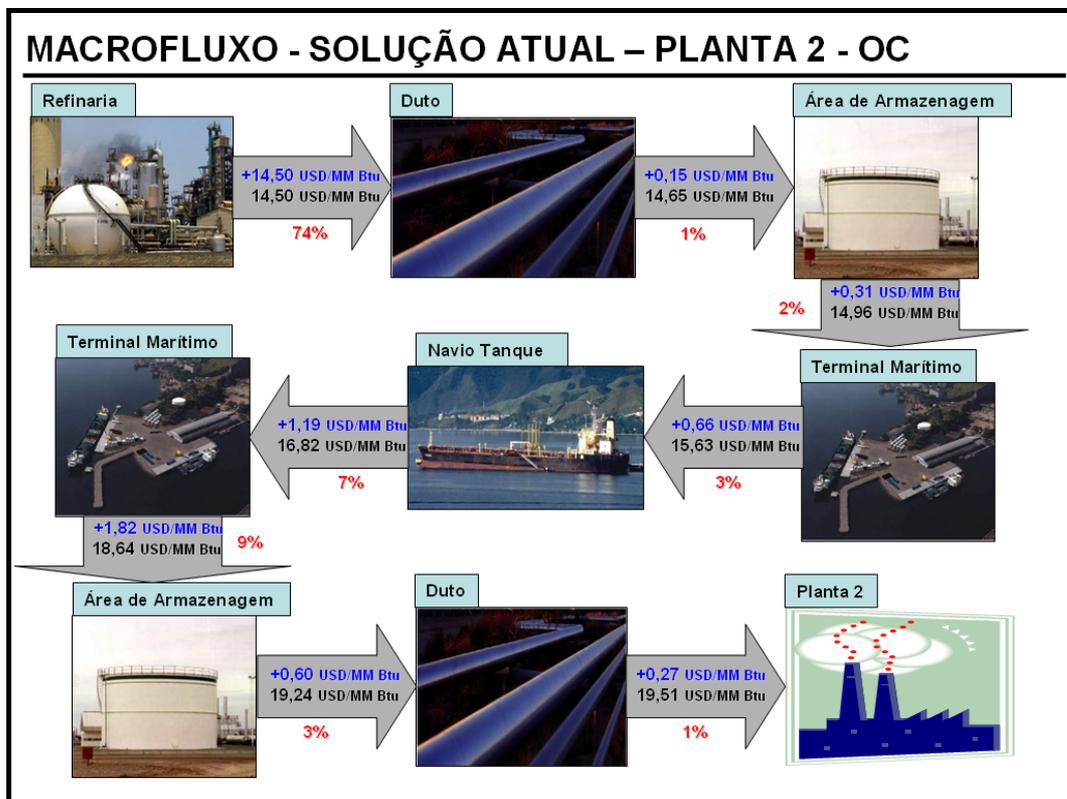


Figura 4.3 – Macrofluxo Cadeia de Suprimento de OC para Planta 2

### 4.3 CUSTOS DAS CONFIGURAÇÕES DE REFERÊNCIA

As tabelas 4.1 e 4.2 abaixo apresentam os principais custos das configurações de referência das Plantas 1 e 2.

#### Planta 1

Tabela 4.1 – Custos com Fornecimento de Combustíveis para Planta 1

<b>Custos OC</b>	<b>USD/kg</b>	<b>USD/(Btu x 10<sup>6</sup>)</b>
Produto na Refinaria	0,6163	16,35
Operação de Embarque	0,0250	0,66
Frete até Porto de Consumo	0,0500	1,33
Operação de Recebimento	0,0163	0,43
Custo de Estoque	0,0015	0,04
Armazenagem	0,0200	0,53
Transferência Dutoviária do Terminal Marítimo até Planta	0,0100	0,27
<b>Custo TOTAL do OC =</b>	<b>0,7390</b>	<b>19,60</b>
<b>Custos Carvão</b>	<b>USD/kg</b>	<b>USD/(Btu x 10<sup>6</sup>)</b>
Produto no Porto de Origem	0,0600	2,52
Operação de Embarque	0,0120	0,50
Frete até Porto de Consumo	0,0400	1,68
Operação de Recebimento	0,0120	0,50
Custo de Estoque	0,0010	0,04
Armazenagem	0,0200	0,84
Transferência do Terminal Marítimo até Planta	0,0080	0,34
<b>Custo TOTAL do Carvão =</b>	<b>0,1530</b>	<b>6,43</b>
<b>Custo Total Solução Atual</b>	<b>USD/kg</b>	<b>USD/(Btu x 10<sup>6</sup>)</b>
% Carvão	51,28%	51,28%
% OC	48,72%	48,72%
<b>Custo Total Solução Atual</b>	<b>0,4385</b>	<b>12,85</b>

#### Planta 2

Tabela 4.2 – Custos com Fornecimento de Combustíveis para Planta 2

<b>Custos OC</b>	<b>USD/kg</b>	<b>USD/(Btu x 10<sup>6</sup>)</b>
Produto na Refinaria	0,6163	16,35
Operação de Embarque	0,0250	0,66
Frete até Porto de Consumo	0,0450	1,19
Operação de Recebimento	0,0163	0,43
Custo de Estoque	0,0028	0,07
Armazenagem	0,0200	0,53
Transferência Dutoviária do Terminal Marítimo até Planta	0,0100	0,27
<b>Custo TOTAL do OC =</b>	<b>0,7353</b>	<b>19,51</b>

Nota-se que nenhum dos custos apresentados nas tabelas 4.1 e 4.2 pode ser classificado como completamente fixo. Alguns dos custos (como custos de armazenagem e frete) têm importantes frações fixas e poderiam ser classificados como preponderantemente fixos. Todos os demais custos são definitivamente variáveis.

Os apêndices I e II deste trabalho apresentarão uma memória de cálculo dos custos acima mencionados.

É importante ressaltar que custos ambientais não foram considerados nos valores calculados neste capítulo. Conforme mencionado anteriormente, sabe-se que a queima de GN quando comparada com a queima de OC e Carvão produz menor quantidade de poluentes. Em longo prazo, este custo ambiental tende a ter crescente importância, seja por maior necessidade de tratamento de correntes de emissão atmosférica, elevados custos de manutenção ou, potencialmente, multas/diferença de saldo em crédito de carbono.