



ISSN 2175-6295 Rio de Janeiro- Brasil, 12 e 13 de agosto de 2010

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SONDAS DE PERFURAÇÃO *OFFSHORE*: UMA ABORDAGEM VIA PROGRAMAÇÃO INTEIRA MISTA

Cristiano Oliveira de Souza

Mestrado em Engenharia de Produção – COPPE/UFRJ
Caixa Postal 68507, CEP 21945-970, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
desouza.cristiano@gmail.com

Laura Silvia Bahiense da Silva Leite, D.Sc. COPPE/UFRJ

Programa de Engenharia de Produção – COPPE/UFRJ
Caixa Postal 68507, CEP 21945-970, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
laura.bahiense@gmail.com

Virgílio José Martins Ferreira Filho, D.Sc. COPPE/UFRJ

Programa de Engenharia de Produção – COPPE/UFRJ
Caixa Postal 68507, CEP 21945-970, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
virgilio@ufrj.br

Paulo Roberto dos Santos Carvalho, M.Sc.

Gerente de Meio Ambiente, Segurança e Qualidade – Repsol Brasil S.A.
pcarvalh@repsol.com

RESUMO

O gerenciamento de resíduos das sondas de perfuração *offshore* tem se tornado um fator importante nas operações de Exploração e Produção de hidrocarbonetos com a meta de obter uma destinação otimizada para os resíduos gerados, evitando passivos ambientais, gerando lucro e benefícios à imagem para a empresa geradora.

O presente trabalho apresenta um modelo de programação inteira mista com o objetivo de permitir a decisão por empresas transportadoras e de tratamento de resíduos mais rentáveis, minimizando os custos de transporte e destinação.

Palavras-chave: Logística Verde, Programação Inteira Mista, Distribuição

Área principal: LGT – Logística e Transportes, PM – Programação Matemática.

ABSTRACT

The management of waste originated from drilling rigs is becoming an important factor in Exploration and Production operations, with the goal of obtaining an optimized destination to waste generated, avoiding environmental liabilities and generating profits and image benefits to the generating company.

The present work presents a Mixed Integer Programming Model with the objective of allowing a decision for more profitable transportation and waste treatment companies, minimizing transportation and disposal costs.

Keywords: Green Logistics, Mixed Integer Programming, Distribution

Main area: LGT – Logistics and Transportation, PM – Mathematical Programming.

1. Introdução

O gerenciamento de resíduos tem se tornado uma ferramenta importante no fluxo de materiais, desde o gerador até a destinação final. É importante notar que simples postos de coleta seletiva localizados em condomínios, clubes ou em pequenas comunidades, geram um balanço positivo em relação aos custos de manuseio, segregação e transporte.

Na indústria, a gestão de resíduos é cada vez mais relevante, devido a políticas ambientais, regulamentadas por órgãos governamentais que autorizam e fiscalizam as operações. As atividades relativas à gestão de resíduos podem gerar custos inesperados de diversas formas para as atividades industriais, através de multas, interrupção das operações ou cassações de licenciamentos ambientais. Os ganhos proporcionados pela reciclagem do lixo decorrem do fato de, nestes casos, ser mais econômica que a produção quando se utilizam resíduos como matérias-primas em comparação aos processos que utilizem matérias-primas virgens. (RIBEIRO *et al.*, 2009)

Além disso, a imagem da empresa perante o consumidor pode ficar comprometida através de passivos ambientais, seja por destinação final inadequada ou derramamentos provenientes de uma má gestão de resíduos. O manejo correto do resíduo se torna imprescindível na cadeia produtiva de pós-consumo.

Nesse contexto, os resíduos industriais gerados por sondas de perfuração *offshore* possuem grande relevância, pois podem gerar danos ao meio ambiente quando mal gerenciados, estando diretamente ligadas ao seu gerador, oferecendo risco à imagem da empresa. Segundo SCHAFFEL (2002), contemplar a variável ambiental é, cada vez mais, uma questão decisiva para a sociedade e para a própria sobrevivência das grandes multinacionais do petróleo, que competem e se fundem na busca sem fronteiras por novas reservas de hidrocarbonetos.

Nas atividades de Exploração e Produção de hidrocarbonetos, um eficiente gerenciamento de resíduos gerados por sondas de perfuração é fundamental, com a finalidade de minimizar os custos e os possíveis impactos ambientais causados, obtendo uma forma que otimize a distribuição de resíduos aos seus respectivos destinos finais, gerando com isso benefícios para a empresa.

Neste trabalho estudam-se também as questões da Logística Verde, a qual DONATO (2008) define como a parte da logística que se preocupa com os aspectos e impactos ambientais causados pela atividade logística, que pode trazer ganhos ambientais, pois tem como finalidade o Desenvolvimento Sustentável.

O foco deste estudo está na movimentação e destinação dos resíduos das atividades de perfuração *offshore*. Para isso, é realizada uma abordagem dos procedimentos do gerenciamento dos resíduos das atividades de perfuração *offshore* e a implementação de um modelo de programação inteira mista que forneça uma solução ótima, minimizando os custos de distribuição e transporte.

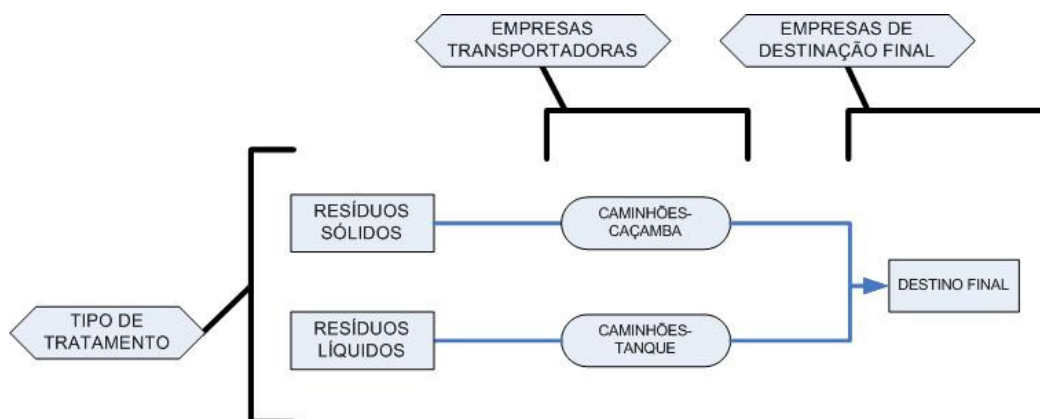
2. Descrição do Problema

O modelo matemático tem a proposta de minimizar os custos de transporte e destinação final, no fluxo de distribuição reverso, para cada tipo de resíduo gerado em uma sonda de perfuração *offshore* em operação.

Os resíduos são gerados e estocados na plataforma. Posteriormente, são transportados em navios de apoio marítimo. Em seguida, são estocados temporariamente no terminal de apoio marítimo. As empresas transportadoras de resíduos realizam a movimentação destes materiais para as empresas de destinação final.

O modelo proposto ajudará na tomada de decisão sobre as empresas que receberão estes resíduos, as quantidades de cada tipo de resíduo que são enviadas para cada tipo de destino final, a quantidade de veículos necessários para o transporte dos resíduos e o tipo de veículo (caminhão-caçamba, caminhão tanque ou furgão) que irá realizar a movimentação dos resíduos. O fluxograma 1 mostra a movimentação dos resíduos sólidos e líquidos, desde a

geração até a destinação final, onde o escopo deste trabalho abrange as etapas do terminal de apoio marítimo, os caminhões de transporte de resíduos e o destino final. A capacidade dos destinos finais são parâmetros que não podem ser ultrapassados.



Fluxograma 1 – Movimentação dos resíduos sólidos e líquidos, Fonte: próprio autor

O ciclo operacional da distribuição dos resíduos de sondas de perfuração *offshore*, ilustrado pela Figura 1, obedece a seguinte sequência:

- Geração dos resíduos na sonda de perfuração *offshore*
- Transporte dos resíduos por barcos de apoio
- Armazenamento temporário no terminal de apoio marítimo (foco do estudo)
- Transporte dos resíduos do terminal de apoio marítimo aos destinos finais (foco do estudo)
- Destinação final (foco do estudo)



Figura 1 – Ciclo operacional da distribuição dos resíduos de sondas de perfuração *offshore*, Fonte: próprio autor

Os tipos de resíduos são divididos em conjuntos para diferentes tipos de tratamento. Esta divisão considera a classificação dos resíduos segundo a norma ABNT NBR 10.004:2004, que padroniza a nível nacional, a classificação dos resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, indicando quais resíduos devem ter manuseio e destinação mais rigidamente controlados. A classificação é relevante em várias etapas no estudo, associando o resíduo ao respectivo destino final.

De acordo com a norma ABNT NBR 10.004:2004, os resíduos são classificados em:

Classificação dos resíduos	
Classe I	Classe II
<ul style="list-style-type: none"> • Perigosos 	<ul style="list-style-type: none"> • Não perigosos <ul style="list-style-type: none"> ○ Classe II A – Não inertes ○ Classe II B – Inertes

Tabela 1 – Classificação dos resíduos, Fonte: ABNT NBR 10.004:2004

No presente estudo, os resíduos provenientes das operações de perfuração *offshore* são classificados da seguinte maneira.

Classificação segundo a norma ABNT NBR 10.004:2004	Tipo de Resíduo
Classe I	Bombonas Contaminadas
	Lama de Perfuração
	Cimento
	Resíduos Contaminados com óleo
	Tambores contaminados
	Lâmpadas Fluorescentes
	Resíduos Infecto-contagiosos
	Óleo de Cozinha
	Resíduos oleosos (óleo usado e água oleosa)
	Aerosol
Classe IIA	Pilha e bateria
	Resíduos não passíveis de reciclagem
	Resíduo alimentar desembarcado
	Lodo residual de esgoto tratado
	Tambores não contaminados
Classe IIB	Cartucho de impressão
	Madeira não contaminada
	Papel e Papelão
	Vidro não contaminado
	Metal não contaminado
	Lata de alumínio
	Plástico não contaminado

Tabela 2 – Classificação dos resíduos da operação de Perfuração, Fonte: ABNT NBR 10.004:2004

A Coordenação Geral de Petróleo e Gás (CGPEG/DILIC/IBAMA) vem associando iniciativas que visam à maior padronização dos procedimentos de análise dos estudos e relatórios ambientais que buscam aprimorar o acompanhamento da implementação das medidas mitigadoras dos impactos ambientais, exigidas para concessão das licenças para pesquisa e exploração de hidrocarbonetos. Segundo a Nota Técnica CGPEG/DILIC/IBAMA nº 03/08, 2008, a lista de opções de destino final são descritas na tabela 3.

Tipos de Destinação Final
Devolução ao fabricante
Reuso
Reciclagem
Recondicionamento
Rerrefino
Co-processamento
Descontaminação
Aterro sanitário
Aterro industrial
Incineração em terra
Beneficiamento
Blendagem

Tabela 3 – Tipos de Destinação Final, Fonte: Nota Técnica CGPEG/DILIC/IBAMA nº 03/08, 2008

3. Modelagem do Problema

A modelagem matemática para o problema proposto é de Programação Inteira Mista, pois o problema tem dois fatores importantes na sua decisão: quantidade de veículos para realizar o transporte do resíduo estocado temporariamente e a quantidade de resíduos distribuídos para cada destino final. Na decisão da quantidade de veículos, a variável de decisão é inteira, que determina a menor quantidade de veículos (caminhões-caçamba, caminhões-tanque ou furgão) para a movimentação dos resíduos. Na decisão da quantidade de resíduos distribuídos para cada destino final, a variável é real, já que os fluxos podem ser fracionados.

3.1 Premissas do modelo

Visando atingir os objetivos do estudo, a elaboração do modelo deve considerar as seguintes premissas básicas:

- Todo resíduo armazenado temporariamente será transportado por veículo do tipo caminhão-caçamba ou caminhão-tanque
- Os resíduos sólidos serão transportados por caminhão-caçamba
- Os resíduos líquidos serão transportados por caminhão-tanque
- Os resíduos infecto-contagiosos serão transportados por veículos específicos para este fim (furgões)
- Diferentes tipos de resíduos sólidos podem ser misturados em uma mesma caçamba
- Os resíduos líquidos não podem ser misturados em um mesmo tanque
- Os resíduos são separados pelas classes I, IIA e IIB (ABNT NBR 10.004:2004). Isso determina o tipo de destinação final para cada tipo de resíduo
- Os limites dos destinos finais não podem ser ultrapassados
- Alguns resíduos compartilham tipos distintos de destino final

O custo de destino é dividido em três categorias:

- **Pagamento:** a empresa geradora de resíduos contrata empresas de tratamento de resíduos, obtendo um custo de destinação maior que zero
- **Venda:** a empresa geradora de resíduos possui clientes que compram os resíduos, ou seja, recebe um valor financeiro pela quantidade de resíduo destinado, obtendo um custo de destinação menor que zero
- **Doação:** a empresa geradora de resíduos não paga e também não vende os seus resíduos, o custo de destinação é igual a zero

Os custos de transporte são classificados nas categorias:

- **CIF** (*Cost, Insurance and Freight*): consiste no custo associado à contratação de caminhão do tipo caçamba ou tanque, pertencente a uma empresa transportadora ($c_{transp,t,tc} > 0$)
- **FOB** (*Freight-on-Board*): consiste no custo zero associado aos veículos do tipo caçamba ou tanque pertencentes a uma empresa de destinação final ($c_{transp,t,tc} = 0$).

3.2 Notações para o modelo matemático

3.2.1 Conjuntos

$TR = \{tr \mid tr \text{ é um tipo de tratamento de resíduos} \}$

$T = \{t \mid t \text{ é um tipo de empresa transportadora} \}$

$TC = \{tc \mid tc \text{ é um tipo de veículo}\}$

$R = \{r \mid r \text{ é um tipo de resíduo}\}$

$D = \{d \mid d \text{ é um tipo de empresa de destinação final}\}$

3.2.2 Parâmetros

$c_{transp_{t,tc}}$ custo fixo de requisitar um caminhão da transportadora $t \in T$, do tipo $tc \in TC$.

ckm custo fixo, associado a distância percorrida pela viagem do caminhão

$dist_r$ distância, em quilômetros, associada ao transporte do resíduo $r \in R$

$c_{dest_{tr,r,d}}$ custo variável, para o tipo de tratamento $tr \in TR$, na destinação do resíduo $r \in R$, para o destino $d \in D$

q_{res_r} quantidade do resíduo $r \in R$, armazenado temporariamente no terminal de apoio marítimo

q_{inic_r} quantidade inicial do resíduo $r \in R$ que é compartilhado para diferentes tipos de destino final

$cap_{tr,tc}$: capacidade dos caminhões das empresas transportadoras $t \in T$, do tipo do veículo $tc \in TC$

$cap_{tr,d}$ capacidade dos destinos finais $d \in D$, para cada tipo de tratamento de resíduos $tr \in TR$

3.2.3 Variáveis de decisão

$x_{tr,r,d}$ variável de fluxo real, que determina a quantidade distribuída do resíduo $r \in R$ para a empresa de destinação final $d \in D$

$y_{tr,t,tc,r,d}$: variável de decisão inteira, que determina a quantidade de caminhões, do tipo de tratamento $tr \in TR$, da empresa transportadora $t \in T$, do tipo de caminhão $tc \in TC$, para o transporte do resíduo $r \in R$, enviado para a empresa de destinação final $d \in D$

3.3 Modelagem de Programação Inteira Mista

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{tr \in TR} \sum_{t \in T} \sum_{tc \in TC} \sum_{r \in R} \sum_{d \in D} c_{transp_{t,tc}} \times ckm \times dist_r \times y_{tr,t,tc,r,d} + \sum_{tr \in TR} \sum_{r \in R} \sum_{d \in D} c_{dest_{tr,r,d}} \times x_{tr,r,d}$$

Sujeito às seguintes restrições:

$$\sum_{r \in R} x_{tr,r,d} \leq cap_{tr,d}; \quad \forall tr \in TR, \forall d \in D \quad (R1)$$

$$\sum_{d \in D} x_{tr,r,d} = q_{res_r}; \quad \forall r \in R, \forall tr \in TR \quad (R2)$$

$$\sum_{d1 \in D} x_{tr1,r,d1} + \sum_{d2 \in D} x_{tr2,r,d2} + \sum_{d4 \in D} x_{tr4,r,d4} = q_{inic_r}; \quad r = \text{Madeira não Contaminada} \quad (R3)$$

$$\sum_{d5 \in D} x_{tr5,r,d5} + \sum_{d6 \in D} x_{tr6,r,d6} = q_{inic_r}; \quad r = \text{Residuo oleoso} \quad (R4)$$

$$\sum_{r \in R} \sum_{t \in T} cap_{tr,tc} \times y_{tr,t,tc,r,d} \geq \sum_{r \in R} x_{tr,r,d}, \forall tr \in TR, tc = \text{caminhão - caçamba}, \forall d \in D \quad (R5)$$

$$\sum_{t \in T} cap_{tr,tc} \times y_{tr,t,tc,r,d} \geq x_{tr,r,d}, \forall tr \in TR, tc = \text{caminhão - tanque}, \forall r \in R, \forall d \in D \quad (R6)$$

$$y_{tr,t,tc,r,d} \in Z, \forall tr \in TR, \forall t \in T, \forall tc \in TC, \forall r \in R, \forall d \in D \quad (R7)$$

$$x_{tr,r,d} \geq 0, \forall tr \in TR, \forall r \in R, \forall d \in D \quad (R8)$$

A função objetivo minimiza o somatório dos custos de transporte e destinação final, para cada tipo de tratamento. O conjunto de restrições (R1) garantem que os limites de capacidade dos destinos finais não serão excedidos. O conjunto de restrições (R2) garante que todos os resíduos armazenados temporariamente no terminal de apoio marítimo serão transportados para o respectivo destino final.

A restrição (R3) garante que o resíduo Madeira não contaminada seja compartilhada para os tipos de tratamento tr1 (Blendagem), tr2 (Reciclagem) ou tr4 (Aterro Industrial). A restrição (R4) garante que os Resíduos Oleosos sejam compartilhados para os tipos de tratamento tr5 (Refino) ou tr6 (Beneficiamento).

O conjunto de restrições (R5) realizam o somatório da quantidade dos veículos do tipo caminhão-caçamba, necessário para o transporte dos resíduos sólidos, para cada tipo de tratamento e destino final. O conjunto de restrições (R6) realizam o somatório da quantidade de veículos do tipo caminhão-tanque, para o transporte dos resíduos líquidos para cada tipo de tratamento e destino final.

A restrição (R7) garante a integralidade das variáveis $y_{tr,t,tc,r,d}$ e a restrição (R8) garante a não-negatividade das variáveis $x_{tr,r,d}$.

4. Dados utilizados

O conjunto de dados utilizados estão relacionados a 316 dias de operação da exploração de hidrocarbonetos. Os dados de custo de destinação de resíduos foram obtidos através de *sites* de Bolsa de Resíduos da Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN) e da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP). Os dados relacionados a quantidade de resíduos, empresas de destinação final, empresas transportadoras, distâncias aproximadas, entre o desembarque e a disposição final de cada resíduo, foram obtidas através do Projeto de Controle da Poluição (PCP), estudo realizado pela empresa de exploração e produção de hidrocarbonetos.

A quantidade de cada resíduo foi obtida dividindo a quantidade total de cada resíduo, pelo número total de semanas da operação (45 semanas), o presente estudo verifica a chegada de resíduos no terminal de apoio marítimo em cada semana da operação de exploração de hidrocarbonetos. O modelo é testado em uma instância formada pelos elementos descritos na Tabela 4.

Quantidade dos elementos				
Tipos de Tratamento	Empresas Transportadoras	Tipos de Veículos	Tipos de Resíduos	Empresas de Destino Final
6	6	3	21	15

Tabela 4 – Quantidades dos elementos usados nesta instância, Fonte: próprio autor

5. Resultados Computacionais

O modelo apresentado neste artigo foi resolvido utilizando o software de otimização Xpress-IVE e executado em um computador com processador Intel Celeron de 1,86 GHz, com 384 MB de RAM, usando o sistema operacional Windows XP.

As tabelas a seguir descrevem as frações dos fluxos (em porcentagem) de cada resíduo para cada tipo de tratamento, o processo fiscal e a quantidade dos veículos, gerados pelo modelo matemático.

Resíduo	Resíduos Destinados(%)	Processo	Empresa de destinação final	Veículo
Lama de Perfuração	17,98	Pagamento	Empresa A	1 caminhão-tanque
	41,79	Pagamento	Empresa B	1 caminhão-tanque
	29,31	Doação	Empresa C	1 caminhão-tanque
Resíduos Contaminados	8,66	Pagamento	Empresa A	1 caminhão-caçamba
Tambores Contaminados	1,63			
Aerosol	0,07			
Bombona Contaminada	0,22			
Cimento	0,34			

Tabela 5- Solução para o tipo de Tratamento Blendagem

Resíduo	Resíduos Destinados(%)	Processo	Empresa de destinação final	Veículo
Lâmpada fluorescente	0,13	Pagamento	Empresa D	1 caminhão-caçamba
Vidro não contaminado	0,70			
Papel / papelão não contaminado	6,54			
Metal	14,04			
Lata de alumínio	0,30			
Pilha e bateria	0,67	Pagamento	Empresa E	1 caminhão-caçamba
Cartucho de impressão	0,37			
Plástico não contaminado	6,31			
Metal	20,25	Venda	Empresa F	1 caminhão-caçamba
Metal	12,76	Venda	Empresa G	1 caminhão-caçamba (próprio)
Tambor não contaminado	0,74			
Metal	16,88	Doação	Empresa H	1 caminhão-caçamba
Metal	20,25	Pagamento	Empresa I	1 caminhão-caçamba

Tabela 6- Solução para o tipo de Tratamento Reciclagem

Resíduo	Resíduos Destinados(%)	Processo	Empresa de destinação final	Veículo
Resíduos não passíveis de reciclagem	40,30	Pagamento	Empresa J	1 caminhão-caçamba
Lodo residual	1,35			
Resíduo alimentar desembarcado	7,08			
Madeira não contaminada	55,26			

Tabela 7- Solução para o tipo de Tratamento Aterro Industrial

Resíduo	Resíduos Destinados(%)	Processo	Empresa de destinação final	Veículo
Resíduos infecto-contagiosos	100,0	Pagamento	Empresa K	1 furgão

Tabela 8- Solução para o tipo de Tratamento Incineração

Resíduo	Resíduos Destinados(%)	Processo	Empresa de destinação final	Veículo
Resíduos Oleosos	5,34	Pagamento	Empresa L	1 caminhões-tanque (próprio)
	47,33		Empresa M	1 caminhões-tanque (próprio)

Tabela 9- Solução para o tipo de Tratamento Rerrefino

Resíduo	Resíduos Destinados(%)	Processo	Empresa de destinação final	Veículo
Resíduos Oleosos	47,33	Pagamento	Empresa N	1 caminhões-tanque
	0,0		Empresa O	---

Tabela 10- Solução para o tipo de Tratamento Beneficiamento

Os gráficos 1 e 2 descrevem a distribuição dos custos gerados pela empresa geradora de resíduos, associados ao transporte e destinação. O custo total no período de uma semana foi de R\$ 193.629,90.

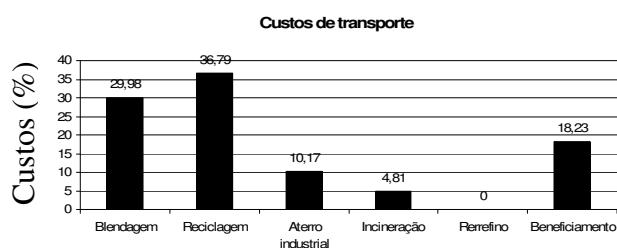


Gráfico 1- Distribuição dos custos de transporte da empresa geradora de resíduos

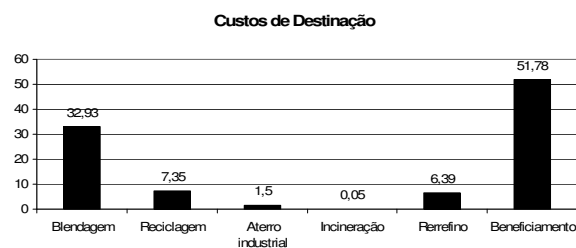


Gráfico 2- Distribuição dos custos de destinação da empresa geradora de resíduos

Os gráficos 3 e 4 descrevem a distribuição dos custos obtido como solução do modelo matemático. O custo total no período de uma semana foi de R\$ 191.472,00.

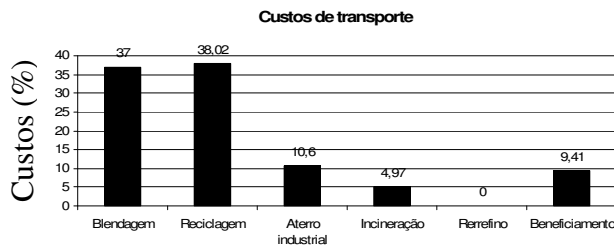


Gráfico 3-Distribuição dos custos de transporte obtidos pela solução da formulação matemática

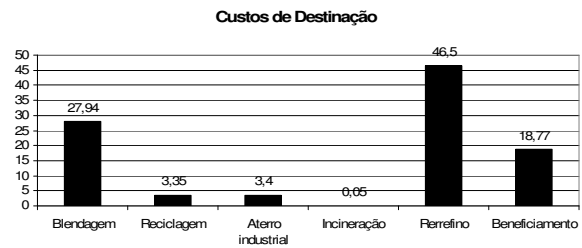


Gráfico 4 -Distribuição dos custos de destinação obtidos pela solução da formulação matemática

A tabela 5 mostra, para Blendagem, 29,31% dos resíduos são distribuídos para os locais de Doação, pois o custo de destinação é igual a zero e os outros 70,69% foram destinados para empresas com processo de Pagamento, considerando que a capacidade para os locais de Doação é usada ao extremo. Neste tipo de tratamento, não houve opções de transporte com veículos próprios, gerando um elevado custo de transporte. O custo de destinação é elevado pois a capacidade dos locais de Doação é pequena, direcionando o restante do fluxo para a empresa com o processo de Pagamento.

No tipo de tratamento Reciclagem, descrito na tabela 6, uma das opções encontradas foi a venda dos resíduos, destinando 33,75% do volume total. Outra solução encontrada foi a doação de 16,88%. Os outros 49,37% são destinadas para empresas com processo fiscal Pagamento.

Para os tipos de tratamento Aterro Industrial e Incineração, há apenas uma única empresa disponível em cada tratamento, considerando a decisão de usar apenas um veículo para cada tipo de destinação final. O custo de destinação final para Incineração foi de 0,05% e para Aterro Industrial, apenas 3,4%, isso é devido a uma pequena quantidade gerada dos resíduos associadas a estes destinos.

Os resíduos oleosos são compartilhados entre os tipos de tratamento Rerrefino e Beneficiamento. O Rerrefino foi a opção que recebeu a maior quantidade deste resíduo, devido a um melhor valor no custo de destinação.

Realizando uma comparação entre os resultados obtidos pelo modelo de programação inteira mista e as práticas realizadas pela empresa geradora, a diferença obtida entre os custos totais a curto prazo é pequena, mas a longo prazo, a economia gerada torna-se bastante significativa.

6. Conclusões

Com as novas regulamentações ambientais, empresas de exploração e produção de hidrocarbonetos tem a necessidade de rever os seus custos de movimentação e destinação de resíduos. O gerenciamento dos resíduos das sondas de perfuração *offshore*, com o auxílio de formulações matemáticas desenvolvidas para este tipo de problema, dá um maior suporte na tomada de decisão, no sentido de reduzir os custos de movimentação dos mesmos, dentro de um grande número de possibilidades de locais de destinação e transporte.

O emprego do modelo proposto pode contribuir com a redução dos custos logísticos e na decisão do destino final correto para determinado tipo de resíduo, evitando gastos desnecessários.

Como considerações futuras no modelo matemático, pode-se realizar uma abordagem da chegada dos resíduos no terminal de apoio marítimo com as fases de perfuração do poço e a atribuição das condições de estoque de resíduos de períodos mais longos no terminal de apoio marítimo. Estas considerações aumentam o poder de decisão, flexibilizando ainda mais a logística de movimentação de resíduos.

Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas e Técnicas, Resíduos Sólidos – Classificação, NBR 10.004, São Paulo, 2004.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres, Disponível em: <http://www.antt.gov.br/>, Acessado em maio de 2010

DONATO, V., Logística Verde: Uma Abordagem Sócio-Ambiental, Rio de Janeiro, Editora Ciência Moderna, 2008.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, Sistema FIESP, Disponível em: <<http://apps.fiesp.com.br/bolsaresiduos/>>, Acessado em março de 2010.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, Sistema FIRJAN, Disponível em: <<http://www.firjan.org.br/>>, Acessado em maio de 2010.

FLEISCHMAN, M., BLOEMHOF-RUWAARD, J. M., DEKKER, R., VAN der LAAN, E., VAN NUNEN, Jo A. E. E., VAN WASSENHOVE, L. N., Quantitative Models for Reverse Logistics: A Review, European Journal of Operational Research, 103, 1-17, 1997.

IBAMA, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, Nota Técnica CGPEG/DILIC/IBAMA Nº 03/08, 2008, Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/licenciamento/>>, Acessado em maio de 2010.

RIBEIRO, D. V., MORELLI, M. R., Resíduos sólidos: problema ou oportunidade ?, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2009.

SCHAFFEL, S. B. A Questão Ambiental na Etapa da Perfuração de Poços Marítimos de Óleo e Gás no Brasil, Rio de Janeiro, COPPE-UFRJ, 2002 (Dissertação)

XPRESS-IVE, versão 1.20.01, software de otimização, versão *student*, disponível em www.fico.com