

## VI-225 - ESTABILIDADE DE ESTRADAS CONSTRUÍDAS COM APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO

**Paulo Henrique Eufrazio Evaristo<sup>(1)</sup>**

Engenheiro de Petróleo e Gás. Mestrando em Engenharia de Petróleo e Gás pela Universidade Potiguar (UNP). Pós Graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho.

**Carlos Enrique de Medeiros Jerônimo<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Químico e Engenheiro de Segurança do Trabalho. Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua dos Pajeus, 1247 – Alecrim – Natal – RN – CEP: 59031-800 – Brasil – Tel: (84) 9 9683-3610 e-mail: [p.paulo22@hotmail.com](mailto:p.paulo22@hotmail.com)

### RESUMO

A geração de resíduos nas atividades de exploração e produção de petróleo, principalmente o cascalho de perfuração, torna-se preocupante em relação aos custos relacionados a destinação. Rotas alternativas como a metodologia de emprego de cascalho de perfuração calcinados (cinzas) na requalificação de acessos carroçáveis, minimiza significativamente os custos e impactos ambientais como também, a qualidade das estradas tem melhorado frente ao material utilizado anteriormente, o que reduz significativamente o consumo de recursos naturais, sobretudo piçarras. Parâmetros como níveis de salinidade das misturas finais, foram monitorados e estão dentro dos padrões recomendados. Em relação a compatibilidade do resíduo com a estrutura do acesso e nível de compactação, foram realizados testes de CBR, onde os acessos demonstraram melhorias significativas. A prática é aderente à política nacional de resíduos sólidos visto que agrega valor aos resíduos, confere uma aplicação nobre e reduz o consumo de recursos naturais, devendo tal mecanismo ser fomentado em outros segmentos industriais ou mesmo na própria indústria do petróleo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cascalho de Perfuração, Reaproveitamento, Petróleo, Estudo de Estabilidade.

### INTRODUÇÃO

De acordo com THOMAS (2004) o petróleo é originado a partir da decomposição da matéria orgânica proveniente principalmente de organismos aquáticos que constituem o plâncton. Essa matéria orgânica depositada no fundo de lagos e mares juntamente com sedimentos trazidos por rios, quando submetidos a altas pressões e temperaturas ao longo do tempo, formam o petróleo.

Após seu descobrimento, o petróleo passou a ser o principal recurso de abastecimento da matriz energética mundial havendo dessa forma um enorme crescimento nas atividades de exploração e produção.

Ademais, ROCHA et al. (2007) afirmam que os hidrocarbonetos representam a principal fonte de energia na atualidade, sendo utilizado como matéria prima para a confecção de diversos produtos, como diesel, gasolina, polímeros plásticos, entre outros.

Entretanto, produzir petróleo requer investimentos elevados e estudos complexos, devido à queda de pressão dos reservatórios que acarreta na utilização de métodos de recuperação secundários, como injeção de fluidos ou vapor. Além disso, reservatórios que apresentam óleo com densidades muito elevadas e dificuldades de surgência, serão durante toda sua vida útil um desafio para engenharia, conseguir explorar esse óleo pesado, de uma forma viável financeiramente e ambientalmente e manter a pressão do reservatório sempre elevada para que a produção ocorra.

Alguns fatores significantes durante o estudo de viabilidade econômica e ambiental da produção de petróleo é a geração de resíduos sólidos. Deve-se levar em consideração os quantitativos gerados durante esse processo, locais de armazenamento e principalmente as formas de destinação ambientalmente adequada e economicamente viável.

Dessa forma, a minimização na geração de resíduos durante a exploração e produção do hidrocarboneto, torna-se primordial na aprovação do projeto como também o estudo de rotas alternativas ou reaproveitamento com custos menores e benefícios para as empresas geradoras.

## OBJETIVOS

O estudo proposto, tem por finalidade analisar a estabilidade das estradas, através de parâmetros que envolve a estrutura do acesso e possíveis impactos ambientais causados pelo resíduo, que foram requalificadas a partir da mistura do solo calcinado, proveniente da incineração de cascalho de perfuração, com a piçarra do terreno local. Esses resíduos são classificados como IIA (não inerte), de acordo a ABNT NBR 10.004 e reaproveitados com custos reduzidos gerando também o benefício na manutenção dos acessos.

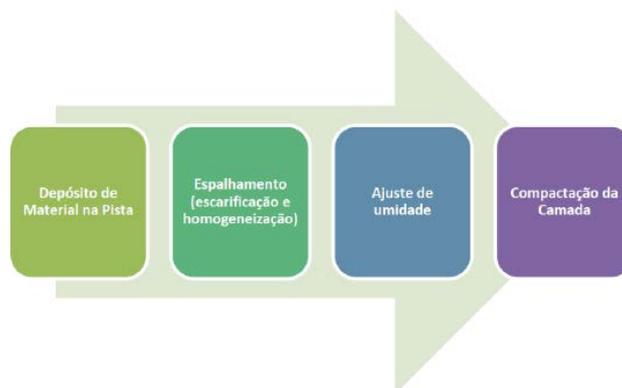
## METODOLOGIA

### • MÉTODO DE REQUALIFICAÇÃO

A execução do processo de recuperação através da destinação de solo calcinado obedece alguns procedimentos para garantir uma boa estabilidade das estradas e atendimento a normas ambientais vigentes.

A execução do processo tem início com o carregamento das carretas contendo solo calcinado e transporte até o local de destino, em seguida realizado uma mistura mecânica do material com a piçarra existente. A mistura obedece proporções entre 90 a 85% de piçarra e 10 a 15% do resíduo.

O processo de recuperação da pavimentação dos acessos tem como fluxo executivo as etapas apresentadas na imagem abaixo.



**Figura 1. Fluxograma de Execução do Processo.**

Primeiramente, há o depósito de material na pista, em seguida a motoniveladora com implemento de escarificador passa escarificando o trecho existente abrindo sulcos de, aproximadamente, 20 centímetros. Sendo assim, para garantir a homogeneização da mistura, tem-se o uso de trator agrícola com grade de arrasto, realizando inúmeras passadas, assim como a própria motoniveladora.

Tal processo de mistura dos materiais é tecnicamente recomendado pela NORMA DNIT 139/2010 – ES - Pavimentação (Sub-base estabilizada granulometricamente), onde a mistura na pista pode ser procedida quando na mesma for utilizado material da pista existente, que no contexto é a piçarra presente nos próprios acessos, que irá compor, juntamente com o solo calcinado, o novo pavimento.

Em seguida, para alcançar a umidade ótima de compactação, utilizam-se caminhões pipa que se alternam entre as passadas e umidificam a mistura.

Ao atingir a umidade adequada e grau de mistura satisfatório, observa-se então a passagem do Rolo Compactador Liso Vibratório. A compactação consiste, aproximadamente, em 06 passadas por cada fração de largura no trecho. As imagens a seguir representam um trecho antes e depois da requalificação.



**Figura 2. Imagens representando o antes e depois do trecho requalificado.**

- **MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE GEOTÉCNICA**

A avaliação geotécnica busca avaliar a qualidade do material aplicado para a recuperação das estradas através da revitalização da pavimentação, por meio do emprego do solo calcinado com o solo local (piçarra). Essa avaliação consiste no controle dos insumos, como: Ensaio de compactação e Ensaio de Índice de Suporte Califórnia – ISC (CBR – California Bearing Ratio) e avaliação de controle de Execução, como: Ensaio de umidade.

A amostragem do ensaio de compactação, regida pela norma NBR 7182:1986 e do Índice de Suporte Califórnia (CBR), regida pela norma NBR 9895:1987 realizou-se por trecho executado, somando 04 amostras para análise de compactação e 09 amostras para análise de CBR.

Foram coletadas 09 amostras de material para ensaio de umidade, as quais foram coletadas diariamente, em campanhas separadas, para análise a partir do método da estufa.

- **MÉTODO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL**

O acompanhamento ambiental da área visou caracterizar físico-quimicamente o solo da região e das áreas a serem requalificadas com aplicação de resíduo de perfuração (Solo Calcinado) misturado à piçarra, assim como dos resíduos utilizados no processo de forma a fornecer uma base de dados ambientais da área em questão, e dessa forma permitir estabelecer padrões que servirão como referência para avaliação do procedimento de recuperação de estradas adotado, assim como avaliação dos possíveis impactos ambientais.

O monitoramento consistiu no acompanhamento dos níveis de salinidade onde envolveu campanhas de monitoramento tanto de ambos os bordos das estradas (área diretamente afetada - ADA), como do centro da via.

## RESULTADOS

- **COMPACTAÇÃO:**

A análise da compactação teve os procedimentos regidos pela norma NBR 7182:1986. Esta norma visa determinar a relação entre o teor de umidade do solo e a massa específica aparente seca. A tabela a seguir representa os resultados das análises obtidas.

**Tabela 1. Resultados do ensaio de compactação.**

Amostra	Massa específica aparente seca (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade ótima (%)
01	2,10	6,6
02	2,00	5,8
03	1,96	5,6
04	1,92	7,2

Observa-se que as umidades ótimas analisadas variaram entre 5,6 e 7,2, correspondendo a uma pequena variação devido a heterogeneidade natural do solo usado na mistura (piçarra existente). Os valores giram em torno do mesmo intervalo e representam um material relativamente denso, em comparação com solos predominantemente argilosos, por exemplo.

- **ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR):**

A NORMA DNIT 139/2010 – ES - Pavimentação (Sub-base estabilizada granulometricamente) estabelece algumas premissas para controle tecnológico de pavimentação de sub-base, atividade correspondente ao do revestimento primário executado em questão.

Sendo assim, a norma recomenda que os valores de CBR do material empregado sejam maiores que 20%. No entanto, devido ao baixíssimo VDM (Volume Média Diário de Tráfego), os acessos não exigiriam CBR elevado assim, devido a requalificação a ser realizada em acessos carroçáveis, dessa forma, se estabeleceu a necessidade de se atingir o intervalo de 7-20%. A tabela a seguir representa os valores de CBR por amostra coletada.

**Tabela 2. Resultados de CBR por trecho requalificado.**

Amostra	Valor (%)
01	14,05
02	18,11
03	18,55
04	11,53
05	28,43
06	9,06
07	7,79
08	17,13
09	17,50

- **UMIDADE:**

As análises de umidade das amostras, retiradas do material de pavimentação misturado imediatamente antes do momento de compactação. A tabela a seguir representa os resultados de umidade por amostra coletada.

**Tabela 3. Tabela de resultados de umidade.**

<b>Amostra</b>	<b>Valor (%)</b>
01	9,45
02	7,10
03	7,45
04	9,39
05	7,27
06	7,20
07	9,81
08	9,94
09	9,86

Com isso, percebe-se que os valores de umidade encontrados nas amostras se mostraram dentro do limite superior com relação à umidade ótima encontrada. Sendo assim, percebe-se que a compactação foi realizada no ramo úmido, favorecendo a qualidade do material.

- **ANÁLISE DE SALINIDADE**

A campanha de medição das estradas após requalificação, também foi realizada por meio da coleta de amostras de ambos os bordos das estradas (Área Diretamente Afetada - ADA) e do centro da via, com medição de salinidade através do método de campo, com o equipamento ORP, a fim de proporcionar o controle sobre o percentual de mistura estabelecido em 15% dos centros das vias e do nível de salinidade de 477,8mg/L que representa 3583,5mg/kg, além de avaliar possível impacto nas áreas adjacentes das estradas.

Com os resultados de salinidade obtidos em campo para os centros das vias pós aplicação de solo calcinado, fez-se uma análise estatística para avaliação dos níveis de salinidade encontrados, conforme segue na tabela abaixo:

**Tabela 4. Análise estatística da salinidade.**

<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA – CENTRO</b>	
MÉDIA	4930,43
MODO	2499,00
MÍNIMO	735,00
CONTAGEM	208

Foram analisados 208 pontos de centro de estradas. A partir da tabela acima, observa-se uma média de 4930,43 mg/kg de salinidade nas áreas propostas para recuperação, contudo tendo como valor de 2499 mg/kg como o mais ocorrente.

Porém, é necessário lembrar que em certos trechos de estradas já havia uma salinidade elevada antes da recuperação via aplicação de solo calcinado, por características naturais, e a aplicação do resíduo reduziu os patamares existentes.

**Tabela 5. Análise estatística da salinidade.**

<b>ANÁLISE ESTATÍSTICA – BORDOS</b>	
MÉDIA	329,77
MODO	294
MÍNIMO	147
CONTAGEM	300

A partir da tabela acima, observa-se uma média de 329,00 mg/kg de salinidade nas bordas das áreas já recuperadas com aplicação de solo calcinado, porém tendo como valor de 294 mg/kg como o mais recorrente. Com isso, não foi observada uma alteração significativa a partir da aplicação do referido material.

## CONCLUSÕES

A metodologia de emprego de cascalho de perfuração calcinados (cinzas) estão em conformidade com os limites estabelecidos pelo órgão ambiental local, estando a taxa de 15% e níveis de salinidade dentro dos padrões recomendados.

A qualidade das estradas tem melhorado frente ao material utilizado anteriormente, o que reduz significativamente o consumo de recursos naturais, sobretudo piçarras. Os índices monitorados estão dentro dos limites ou superiores em qualidade, seguindo recomendações do DNIT. E, além disso, sabe-se que a exigência dos acessos não se faz tão elevada devido a seu baixíssimo VDM.

A prática é aderente a política nacional de resíduos sólidos visto que agrega valor aos resíduos, confere uma aplicação nobre e reduz o consumo de recursos naturais, devendo tal mecanismo ser fomentado em outros segmentos industriais ou mesmo na própria indústria do petróleo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. THOMAS, J. E. Fundamentos da engenharia do petróleo. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2004.
2. (ROCHA, W. da S.; RIBEIRO, R. A.; MARQUES, J. A. V. da C. Participações governamentais da indústria do petróleo e gás natural e as demonstrações contábeis. 4º PDPTERO, Campinas, São Paulo, 2007.).
3. EVARISTO, Paulo Henrique Eufrasio. Uso Do Protocolo Ghg Para Estimativa De Emissões Atmosféricas Na Indústria Do Petróleo. COBEQ, Santa Catarina, v. 1, n. 1, out. 2014.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT, NBR. 10.004. **Resíduos Sólidos – Classificação**, 2004.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT, NBR. 7182. **Ensaio de Compactação**, 1986.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT, NBR. 9895. **Solo - Índice de suporte califórnia - Método de ensaio**, 1987.
7. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DNIT. 141. **Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço**, 2010.