

## ANEXO 1

### *Análise Crítica das Metodologias de tratamento e destinação final de resíduos*

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continua...

A - DESCARTE NO MAR APÓS TRATAMENTO NO SISTEMA DE CONTROLE DE SÓLIDOS E NA CENTRÍFUGA VERTICAL (SECADOR DE CASCALHO)						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(+) Já em uso em todas as Bacias Brasileiras	(+) Não há restrição de aplicação	(+) Capacidade de tratamento do cascalho em fluxo contínuo (+) Processo de operação e instalação do equipamento é simples (+) Requer poucas pessoas para operar (+) Manutenção e reparo são simples e podem ser efetuados na unidade <i>offshore</i> (+) Fácil monitoramento de performance do equipamento por teste de retorta (-) Nenhuma remoção de contaminantes (metais, HPAs) (-) Potencial de responsabilidade social no futuro	(+) Baixo índice de parada operacional (+) Pode-se instalar mais de uma unidade na plataforma para redundância em caso de parada operacional (+) Reparo do equipamento é rápido em caso de falha operacional (+) <i>Footprint</i> do equipamento é pequeno, mínima necessidade de alteração no <i>layout</i> e estrutura da plataforma (+) Durante operação não há necessidade de movimentação, transporte ou atividade de içamento (-) Equipamento é usualmente alimentado por rosca transportadora, que oferece potencial risco à segurança (-) Equipamento possui partes mecânicas com potencial de risco de acidente (-) Risco de exposição dos trabalhadores a produtos químicos e radioatividade da barita	(+) Redução das emissões atmosféricas quando comparado à destinação em terra; (-) Impactos na qualidade da água e sedimento (-) Impactos nas comunidades bentônica e planctônica (-) Em águas profundas os impactos apresentam menor magnitude e importância (salvo em regiões que concentram formações de corais)	(-) Necessidade de mão de obra especializada. (-) Redução de demanda de serviços para destinação de resíduos em terra e consequente desmobilização de funcionários	(\$) Custo por volume de cascalho tratado é muito baixo (+) Disponibilidade de equipamento e peças de reposição no Brasil (+) Diversidade de fornecedores (+) Recuperação de fluido para reaproveitamento na operação (+) Baixo consumo de energia (+) Não tem custo de transporte para terra (-) Custo de análises pré-descarte, modelagens e manutenção de programas de monitoramento ambiental
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Sem restrições ou limitações normativas	(+) Não há restrição para poço em água rasa ou profunda	(+) Tecnologia consolidada e utilizada amplamente no mundo	Não é uma solução para cenário de descarte zero. Cascalho precisará ser recolhido e armazenado na plataforma para então ser transportado e descartado em terra.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

B - DESCARTE NO MAR APÓS TRATAMENTO DE DESSORÇÃO TERMO-MECÂNICA (HAMMERMILL) PARA TRATAMENTO DE CASCALHO OFFSHORE						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologia não utilizada no Brasil	(-) Umidade do cascalho impacta a performance do equipamento. Por esse motivo, usualmente opera de forma complementar com a Centrifuga Vertical	(+) Elevada taxa de processamento de resíduos (+) Equipamento pequeno (+) Elevada eficiência na remoção de fluido aderido ao cascalho (<1%) (+) Aplicável para tratamento de cascalho contaminado com óleo livre (+) Pode ser usado para tratamento de cascalho com fluido base aquosa (+) Capacidade de tratamento do cascalho em fluxo contínuo (+) Instalação do equipamento é relativamente simples (+) Requer poucas pessoas para operar (+) Recupera-se, separadamente, cada corrente presente no fluido: água + fluido base + sólido (-) Necessita estrutura para coleta e armazenamento de cascalho (-) Reparo e manutenção do equipamento não é simples. <i>Troubleshooting</i> para identificação do problema é mais complexo. (-) Não dispensa o uso da Centrifuga Vertical	(+) Durante operação não há necessidade de movimentação, transporte ou atividade de içamento (+) <i>Footprint</i> do equipamento é relativamente pequeno. (-) Falha no equipamento leva à interrupção na operação. (-) Temperaturas de operação elevadas podem causar explosão e incêndio (-) O óleo e a água vaporizados são uma mistura potencialmente inflamável e explosiva (-) Grandes volumes de vapores gerados são difíceis de condensar. (-) Tempo de resfriamento longo antes que a manutenção possa ser executada (-) Alta temperatura e presença de CaCl <sub>2</sub> levam a altas taxas de corrosão (-) Processo já apresentou problemas de confiabilidade	(+) Baixo teor de contaminante (+) Remoção efetiva e reciclagem de óleo e graxa de sólidos (-) Metais pesados e sais são concentrados em sólidos processados (-) Água processada retém algum óleo emulsificado (-) Impactos na qualidade da água e sedimento (-) Impactos nas comunidades bentônica e planctônica (-) Potencial para emissão de níveis elevados de metais, fluoretos e cloretos (poluição do ar) (-) Emissões atmosféricas do processo podem conter hidrocarbonetos	(-) Necessidade de mão de obra especializada. (-) Redução de demanda de serviços para destinação de resíduos em terra e consequente desmobilização de funcionários	(\$\$\$) Custo de investimento e por volume de cascalho tratado é alto (-) Não há disponibilidade do equipamento no Brasil e oferta no mercado internacional é reduzida. (-) Poucos fornecedores (-) Elevado consumo de energia (-) Custo para solução de problemas com a poluição do ar e de segurança é alto (-) Para contratos mais curtos, não se justifica a modificação física na plataforma de perfuração, pois a desmobilização não é simples
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Sem restrições ou limitações normativas	(+) Não há restrição para poço em água rasa ou profunda	(+) Tecnologia consolidada e utilizada majoritariamente no Mar do Norte e costa oeste da África (Angola).	Não é uma solução para cenário de descarte zero. Cascalho precisará ser recolhido e armazenado na plataforma para então ser transportado e descartado em terra. Ao usar essa tecnologia, menor volume de resíduo seria destinado para descarte em terra, quando comparado com o cenário de tratamento apenas pelo secador de cascalho. Por outro lado, a implementação dessa tecnologia exigirá tempo e alto investimento, principalmente devido à baixa oferta dessa tecnologia no mundo - nenhuma unidade disponível no Brasil - e modificações necessárias na estrutura das unidades de perfuração (layout da sonda, equipamentos, silos pressurizados, etc..) que precisariam ser certificados, resultando em alto investimento e demora na implementação.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

C - REINJEÇÃO						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologia não utilizada no Brasil	(+) Não há restrições de aplicação	(+) Manutenção e reparo dos equipamentos são simples e podem ser efetuados na unidade <i>offshore</i> (+) Alternativa para operações onde o Descarte Zero é mandatório (+) Técnica comprovada e utilizada em outras regiões do mundo- Processo intensivo em equipamentos e necessita de mão de obra capacitada (+) Pode ser usado para tratar outras correntes de resíduos que usualmente são transportados para terra (+) Uma única unidade de operação pode atender múltiplas operação de perfuração simultaneamente (+) Utilizada em plataformas fixas ou de jaqueta (-) Usualmente necessita de poço e plataforma dedicada (-) Operação em batelada (-) Necessário estudo específico para avaliar viabilidade de reinjeção (volume e formação injetora) (-) Dificuldade de licenciamento ambiental no Brasil (-) Desvios ou problemas durante a aplicação do método podem ser onerosos e demorados de resolver (-) Cascalhos precisam ser pré-tratados antes de serem injetados (-) Necessário estrutura para armazenamento de cascalho e fluido (-) Exige monitoramento contínuo da formação injetora, inclusive acompanhamento após o término da operação (-) Eficiência variável (-) Difícil para áreas exploratórias devido à falta de conhecimento sobre as informações litológicas (-) Experiência limitada em operações de perfuração em unidades flutuantes	(+) Falha no equipamento não ocasiona parada imediata na perfuração (+) Estudo de Viabilidade é robusto e define em detalhes parâmetros e procedimento para reinjeção segura (+) São necessários controles e procedimentos operacionais para o monitoramento da pressão do poço injetor e dos poços adjacentes e da confiabilidade do processo de injeção para prevenir o aparecimento de lama no assoalho marinho, prevenir a sobrepressão do reservatório e prevenir o tamponamento da formação que impossibilitará a continuação do processo de injeção no poço (+) Monitoramento da direção e localização da pluma de dispersão no solo (-) Intensiva atividade de içamento quando o armazenamento é feito via <i>cutting box</i>	(+) Não gera impactos associados ao descarte de fluido e cascalho na água e sedimento na locação da perfuração (+) Redução nas emissões atmosféricas comparado a destinação em terra. (±) Substituição da rota de transferência de cascalho e fluidos para a base de apoio terrestre pela transferência dos mesmos para a plataforma de reinjeção (-) Falhas na operação podem levar a contaminação da água intersticial ou afloramento no fundo do mar quando a reinjeção não é propriamente executada. (-) Consumo adicional de óleo pelos equipamentos que preparam o cascalho para reinjeção nos poços e consequentes emissões de poluentes do ar.	(+) Alta demanda de mão de obra especializada. (-) Redução de demanda de serviços para destinação de resíduos em terra e consequente desmobilização de funcionários (-) Possibilidade de geração de nova área de exclusão de pesca devido a demanda de nova plataforma para reinjeção	(\$\$) médio custo por tonelada, viabilidade econômica depende de volume. (+) Investimento e custo operacional pode ser compartilhado por diversas empresas (-) Custo operacional e logístico muito elevado se não compartilhado entre operadoras (-) Tecnologia não recupera fluido (-) Necessário logística (navio) para movimentação de cascalho e fluido até a unidade de reinjeção (-) Erros na aplicação do método podem levar a dispendiosos custos de limpeza (-) Exige investimento elevado
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Sem restrições ou limitações normativas	(-) Há limites tecnológicos para aplicação em águas profundas. Riscos relacionados a conexão do equipamento de superfície com a cabeça do poço e o impacto da mudança de temperatura nas propriedades do <i>slurry</i> são alguns exemplos das dificuldades técnicas em cenário de água profunda. (-) Não foram encontrados registros do uso dessa tecnologia em cenário de água profunda.	(+) Exemplos de aplicação <i>offshore</i> em água rasas: Mar do Norte, México, Canada, Alasca e Mar Cáspio. (+) Existência de padrões internacionais de projetos e operação	A implementação dessa tecnologia depende de três fatores fundamentais: (1) estudo de factibilidade; (2) instrumento regulatório; (3) recursos operacionais. Inicialmente, são necessários estudos para determinar a viabilidade técnica da reinjeção nas diversas bacias do Brasil e, assim, obter informações fundamentais para a aplicação da tecnologia, tais como: Revisão da geologia e potenciais zonas injetoras, garantia de confinamento do resíduo, determinação do volume que pode ser injetado, simulações de fratura e dispersão da injeção e etc. Tais estudos são complexos e demandam investimento, tempo e equipe técnica especializada. Após a etapa de estudo, o desafio seguinte seria definir os instrumentos regulatórios para licenciamento e monitoramento dessa atividade que nunca antes foi realizada no Brasil. Devido a sua complexidade e <i>stakeholders</i> envolvidos, essa é uma atividade que demandará tempo significativo para ser concluída. Por fim, para a execução do trabalho são necessários equipamentos não disponíveis hoje no país, e também a perfuração de poços injetores para receberem os resíduos. Como nenhum dos pontos abordados anteriormente foi iniciado, é pouco provável que essa tecnologia seja uma alternativa em curto/médio prazo.			

Legendas: (+) positivo, (-) negativo, (±) neutro;

(\*) destinação final em terra (Quadro 10) ;

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto; NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

D- PROCESSOS DE DESSORÇÃO TÉRMICA/ TERMO-MECÂNICA PARA TRATAMENTO ONSHORE						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologias não utilizadas no Brasil	(-) Umidade do cascalho impacta a performance do equipamento.	(+) Elevada taxa de processamento de resíduos (+) Elevada eficiência na remoção de fluido aderido ao cascalho (<1%) (+) Aplicável para tratamento de cascalho contaminado com óleo livre (+) Pode ser usado para tratamento de cascalho com fluido base aquosa (+) Capacidade de tratamento do cascalho em fluxo contínuo (+) Requer muitas pessoas para operar (+) Elevada recuperação de fluido (+) Produto final é um pó seco e inerte (+) Não degradação de fluidos durante o processo (-) Eficiência depende de uma série de fatores como concentração de óleo, água e de sólidos no resíduo, potência da unidade e temperatura atingida pela câmara de dessorção (-) Reparo e manutenção do equipamento não é simples no caso do <i>hammermill</i>	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) <i>Footprint</i> do equipamento é relativamente pequeno. (-) Temperaturas de operação elevadas podem causar explosão e incêndio (-) O óleo e a água vaporizados são uma mistura potencialmente inflamável e explosiva (-) Grandes volumes de vapores gerados são difíceis de condensar. (-) Tempo de resfriamento longo antes que a manutenção possa ser executada (-) Alta temperatura e presença de CaCl <sub>2</sub> levam a altas taxas de corrosão	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) Baixo teor de contaminante (+) Remoção efetiva e reciclagem de óleo e graxa de sólidos (-) Metais pesados e sais são concentrados em sólidos processados (-) Água processada retém algum óleo emulsificado (-) Potencial impacto a qualidade da água superficial durante descarte de efluentes (-) Potencial para emissão de níveis elevados de metais, fluoretos e cloretos e hidrocarbonetos, no caso de utilização de geradores a óleo diesel	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Necessidade de mão de obra especializada.	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$\$) Custo de investimento por volume de cascalho tratado é moderado (-) Poucos fornecedores (-) Elevado consumo de energia (-) Alto custo de manutenção
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Não regulamentada, são adotadas legislações e normas aplicadas a processos térmicos como a Resolução CONAMA nº 316 (procedimentos operacionais, limites de emissão, critérios de desempenho, controle, tratamento e disposição de efluentes da atividade) e a NBR ABNT 11175/1990 (condições exigíveis de desempenho do equipamento para resíduos sólidos perigosos).	NA	(+) Tecnologia de Dessorção Térmica é consolidada e utilizada na Venezuela, Equador, Cazaquistão, Canadá e Estados Unidos. (+) Há registros do uso da Termo-mecânica nos Estados Unidos e Noruega (-) No Brasil se tem registro de utilização da dessorção térmica para tratamento de solo contaminado por produtos derivados de petróleo.	Cascalho precisará ser recolhido e armazenado na plataforma para ser transportado e descartado em terra. Tecnologia disponível mundialmente, mas a sua utilização no Brasil dependerá de processo de importação.			

Legendas: (+) positivo, (-) negativo, (±) neutro;

(\*) destinação final em terra (Quadro 10) ;

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto;

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

E - CALOR INDIRETO (TAMBOR ROTATIVO)						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologia não utilizada no Brasil	(-) Umidade do cascalho impacta a performance do equipamento.	(+) Elevada taxa de processamento de resíduos (+) Elevada eficiência na remoção de fluido aderido ao cascalho (<1%) (+) Aplicável para tratamento de cascalho contaminado com óleo livre (+) Pode ser usado para tratamento de cascalho com fluido base aquosa (+) Capacidade de tratamento do cascalho em fluxo contínuo (+) Instalação do equipamento é relativamente simples (+) Requer poucas pessoas para operar (+) Recupera-se, separadamente, cada corrente presente no fluido: água + fluido base + sólido (-) Reparo e manutenção do equipamento não é simples.	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Tempo de resfriamento longo antes que a manutenção possa ser executada (-) Alta temperatura e presença de CaCl <sub>2</sub> levam a altas taxas de corrosão	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) Baixo teor de contaminante no sólido (+) Remoção efetiva e reciclagem de óleo e graxa de sólidos (-) Metais pesados e sais são concentrados em sólidos processados	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$\$) Custo de investimento por volume de cascalho tratado é moderado (-) Não há disponibilidade do equipamento no Brasil e oferta no mercado internacional é reduzida. (-) Poucos fornecedores
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Sem restrições ou limitações normativas	NA	(+) Tecnologia disponível no Cazaquistão e Venezuela (-) Baixo histórico de operação em escala comercial traz potencial de incerteza	Cascalho precisará ser recolhido e armazenado na plataforma para ser transportado e descartado em terra. Tecnologia disponível mundialmente, mas a sua utilização no Brasil dependerá de processo de importação.			

Legendas: (+) positivo, (-) negativo, (±) neutro;

(\*) destinação final em terra (Quadro 10) ;

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto;

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

F- MICRO-ONDAS						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(+) Rio de Janeiro (escala comercial)	(+) Não há restrição de aplicação	(+) Aquecimento seletivo (não é necessário fornecer energia para aquecer todo o volume de material) (+) Menor tempo de operação e obtenção de produto final de qualidade (+) Elevada eficiência na remoção de fluido aderido ao cascalho (<1%) (+) Aplicável para tratamento de cascalho contaminado com óleo livre (+) Pode ser usado para tratamento de cascalho com fluido base aquosa (+) Capacidade de tratamento do cascalho em fluxo contínuo (+) Requer poucas pessoas para operar (+) Elevada recuperação de fluido (-) Se não for processo contínuo, a câmara precisa estar previamente aquecida para estabilização	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) Existem controles de pressão para evitar acidentes (-) Tempo de resfriamento longo antes que a manutenção possa ser executada (-) Alta temperatura e presença de CaCl <sub>2</sub> levam a altas taxas de corrosão (-) Taxa de processamento é baixa	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) Baixo teor de contaminante (+) Remoção efetiva e reciclagem de óleo e graxa de sólidos (-) Metais pesados e sais são concentrados em sólidos processados	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$\$\$) Custo de investimento por volume de cascalho tratado é alto (+) Baixo consumo de energia (±) Custo de manutenção é moderado (-) Poucos fornecedores de equipamentos
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Sem restrições ou limitações normativas	NA	(-) Histórico de utilização pela <i>Scomi Energy's</i> na Malásia (-) Tecnologia ainda não é muito aplicada em escala comercial e com potencial incerteza regulatória	A implementação dessa tecnologia exigirá demanda de importação. Devido à baixa implementação em escala comercial, outro entrave seria a incerteza regulatória.			

Legendas: (+) positivo, (-) negativo, (±) neutro;

(\*) destinação final em terra (Quadro 10) ;

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto;

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

G- INCINERAÇÃO						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(+) Pará, Maranhão, Ceará, Bahia, Rio de Janeiro e Santa Catarina.	(+) Não há restrição de aplicação	(+) Metodologia de fácil aplicação (+) Redução no volume de resíduos (70%) (+) Processo de licenciamento ambiental estabelecido (+) Baixa Responsabilidade solidária ( <i>Liability</i> ) (+) O tempo necessário para a incineração é relativamente baixo (+) Destruição de hidrocarbonetos (+) Melhor alternativa para áreas sensíveis e onde outras tecnologias não estão disponíveis (+) Parte da energia contida nos resíduos pode ser recuperada para geração de energia elétrica e ou vapor d'água (-) Necessidade de eliminar resíduos sólidos / cinzas (-) Dificuldade de licenciamento ambiental para novos empreendimentos (opinião pública) (-) Em altas temperaturas, os sais podem se transformar em compostos ácidos (-) Requer um bom controle de emissões para evitar emissões fugitivas de orgânicos voláteis e partículas para a atmosfera	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Vários operadores necessários para operar equipamentos de incineração (-) Processo requer equipamentos para controle e redução de produtos de combustão incompleta, partículas e poluentes como NOx e SOx (-) Requer procedimentos operacionais para lidar com altas temperaturas	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) Em altas temperaturas, os materiais podem ser transformados em escórias vitrificadas, o que evita a lixiviação de metais pesados após sua disposição final (+) Eliminação dos hidrocarbonetos; (-) Aumento de emissões atmosféricas (-) Não elimina a necessidade de disposição final (-) Geração de cinzas de incineração, cuja disposição tem potencial de impacto sobre qualidade do solo e das águas.	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Percepção de risco e poluição pela população residente em áreas próximas a central de resíduos	(\$\$\$) Elevado custo por tonelada (-) Custos de energia e de investimento inicial altos (-) Altos custos de mão de obra (-) Custos operacionais mais elevados que a maioria das demais técnicas disponíveis
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
ABNT NBR 11175:1990 (Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho - Procedimento) CONAMA n° 316/2002 (emissões atmosféricas) CONAMA n°491/2018 (qualidade do ar), CONAMA n° 430/2011 (efluentes gerados no processo)	NA	(-) Raramente é utilizado para tratamento e disposição de fluidos e cascalhos no Ocidente. Há registros de utilização no Leste do Canadá.	Essa destinação só poderá ser viabilizada mediante a redução dos custos de aplicação e estabelecimento de procedimento regulatório mais flexível. Além disso, o tratamento térmico ou calcinação à alta temperatura, acarretará elevadas emissões de NOx que deverão ser tratadas (abatidas) por catalisadores ou banho de amônia para atendimento aos padrões de emissões estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 491/2018			

Legendas: (+) positivo, (-) negativo, (±) neutro;

(\*) destinação final em terra (Quadro 10) ;

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto;

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

H- SOLIDIFICAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Não foi identificada utilização dessa técnica para tratamento de fluidos e cascalho de perfuração.	(-) Alto teor de sais existente em alguns fluidos pode ser uma barreira	(+) Processo simples facilmente adaptável na maioria dos locais (+) Taxas de processamento muito altas (+) Capacidade de produção de materiais reutilizáveis (+) Eficaz na retenção de contaminantes orgânicos (-) Quantitativo elevado de funcionários para operar as várias fases do sistema (-) Grandes requisitos de espaço, incluindo material de fixação (-) O volume de resíduos é potencialmente aumentado (-) Materiais de fixação podem ter altas concentrações de metais pesados (-) Potencial de responsabilidade futura de metais pesados, sais e hidrocarbonetos que não são removidos (-) Restrição de aplicação para locais onde o lençol freático está muito próximo da superfície (-) Não elimina necessidade de destinação final	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Problemas históricos com o controle de qualidade dos agentes de fixação ou o processo de fixação. (-) Os sólidos gerados, após o processo de cura, podem ser dispostos em aterros sanitários ou podem ser utilizados como material de construção. (-) Os resíduos tratados neste processo não são destruídos e sim encapsulados (-) Requer cuidados para garantir a estabilidade a longo prazo dos materiais no ambiente.	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) Reduzido potencial de lixiviação de metais pesados em comparação com sólidos não tratados (-) Algumas aplicações podem secar o material em vez de corrigi-lo	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$) Baixo custo por tonelada (-) Baixo custo de equipamento e mão de obra (-) Os custos aumentam se os resíduos tratados forem enviados para aterro
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Sem restrições ou limitações normativas	NA	(+) Histórico de utilização na Argélia, Colômbia, Estados Unidos (Texas e Louisiana), Equador e Venezuela	Metodologia vem se tornando uma importante ferramenta de tratamento em face das normas cada vez mais restritivas para disposição de resíduos. Contudo, requer estudo de viabilidade para implantação em escala comercial. Procedimento necessário para destinações mais sustentáveis como pavimentação ou reciclagem.			

Legendas: (+) positivo, (-) negativo, (±) neutro;

(\*) destinação final em terra (Quadro 10) ;

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto;

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

I -LANDFARMING						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Não foi identificada utilização dessa técnica para tratamento de fluidos e cascalho de perfuração.	(-) Restrição para presença de cloreto no fluido	(+) Metodologia de fácil aplicação e pouco intensiva no uso de equipamentos (+) Taxas de processamento muito altas (-) Restrição de uso em período chuvoso (-) Requer controle da umidade, pH e nutrientes no solo (-) Elevada responsabilidade solidária (-) Pode encontrar barreiras no licenciamento ambiental (experiências no Nordeste do país) (-) Não recupera o óleo (-) O tempo para decompor hidrocarbonetos é variável (60 dias a 4 anos) (-) Em alguns casos, os resíduos devem ser transportados por longas distâncias para local adequado ao <i>landfarming</i> (-) Necessidade de área com grandes dimensões e distante de aglomerações humanas e onde o solo não seja permeável, para redução de riscos no desenvolvimento da atividade (-) Não remoção de metais e contaminantes orgânicos	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Possíveis problemas operacionais e de segurança	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Risco de contaminação do solo e lixiviação para águas superficiais e subterrâneas	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$) Baixo custo por tonelada (-) Alto custo de manutenção e monitoramento
Limitações/ Restrições Normativas	Lâmina d'água de aplicação	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Norma ABNT NBR ISO 13.894 (Tratamento no Solo)	NA	(+) Histórico de utilização no oeste do Texas, Venezuela, oeste do Canadá e na Louisiana para tratamento de resíduos oleosos (emulsões água e óleo e óleo aderido a material absorvente) (+) Processo desenvolvido há mais de 35 anos para tratamento de resíduos oleosos em Camaçari (Bahia)	Técnica pouco difundida e que exige monitoramento constante, indicando um baixo interesse no desenvolvimento desta técnica no Brasil.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

J - COMPOSTAGEM POR LEIRAS REVOLVIDAS						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologia não utilizada para tratamento de resíduos de perfuração no Brasil	(-) Alto teor de sais existente em alguns fluidos pode ser uma barreira	(+) Metodologia de fácil aplicação com uso pouco intensivo em equipamentos (+) Possibilidade de rápida redução do teor de umidade das misturas devido ao revolvimento (+) Utilizada quando o solo é pobre e não dá bom suporte à vegetação (+) Pode ser utilizada como parte de um tratamento combinado com outras técnicas (+) Pode ser particularmente adequado para ambientes remotos onde falta infraestrutura de tratamento (-) Material orgânico aumentará o volume total de resíduos. (-) Odor é mais difícil de ser controlado, principalmente no momento de revolvimento (-) Grandes requisitos de espaço, pois apesar das leiras terem pequenas dimensões, há necessidade de espaço livre entre elas (-) Limitação para climas frios. No período de chuva o revolvimento não pode ser feito (caso o pátio não seja coberto) (-) O processo de tratamento pode levar um tempo considerável (semanas ou meses para atingir os endpoints exigidos) (-) Necessidade de monitoramento cuidadoso da aeração para garantir que as temperaturas fiquem na faixa ideal (-) Não recuperação do fluido base e óleo da formação (-) Pouco ou nenhum controle sobre os tipos de resíduos (-) Responsabilidade solidária ( <i>Liability</i> ) (-) Transferência de potencial responsabilidades futuras sob resíduos do pré-sal para infraestrutura terrestre (-) Nenhuma remoção ou estabilização de metais pesados, sais ou hidrocarbonetos (-) Eficiência depende das condições de compostagem	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) Baixo risco operacional, pois não demanda novas rotinas operacionais (-) Contato e manuseio de substâncias perigosas (-) Sistemas de detecção, coleta de chorume e monitoramento a longo prazo para verificar se o mesmo não está escapando da área de contenção	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Possibilidade de impactos à qualidade do solo (concentrações residuais de contaminantes na lama), qualidade do ar (volatilização de hidrocarbonetos presente nos resíduos) e lixiviação de contaminantes para águas subterrâneas (-) Em áreas de alta pluviosidade, o escoamento superficial pode causar contaminação das águas superficiais (-) Requer gestão ambiental eficaz	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$) Baixo custo por tonelada (+) Baixos custos de investimento inicial e de consumo de energia (-) Incremento de custo quando há necessidade de associação com a vermicompostagem	
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Existem normas para comercialização do fertilizante gerado ao final do processo: • Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. • Instrução Normativa SDA nº 27, de 5 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. • Instrução Normativa GM nº 46, de 6 de outubro de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. • Instrução Normativa GM nº 53, de 23 de outubro de 2013, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.	NA	(+) Histórico de utilização no Reino Unido, Indonésia, África (Nigéria), Rússia, Canadá, Austrália e Estados Unidos	Carece de estudo de viabilidade técnica para aplicação a realidade brasileira. Possibilidade de geração de passivo ambiental. Contudo, é uma metodologia que permite a reciclagem de resíduos podendo ser aplicada em áreas remotas.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

K - COMPOSTAGEM POR PILHAS ESTÁTICAS AERADAS						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologia não utilizada para tratamento de resíduos de perfuração no Brasil	(-) Alto teor de sais existente em alguns fluidos pode ser uma barreira	(+) Metodologia de fácil aplicação com uso pouco intensivo em equipamentos (+) Possibilidade de controle de temperatura e aeração (+) Biodegradação mais rápida do que o <i>landfarming</i> (+) Utilizada quando o solo é pobre e não dá bom suporte à vegetação (+) Pode ser utilizada como parte de um tratamento combinado com outras técnicas (+) Pode ser particularmente adequada para ambientes remotos onde falta infraestrutura de tratamento (±) Melhor controle de odores que o processo de leiras (±) Melhor uso da área disponível que no sistema de pilhas aeradas (±) Fase de bioestabilização é menor que no processo de leiras revolvidas (-) Material orgânico aumentará o volume total de resíduos. (-) Limitação para climas frios e período chuvoso (-) Não recuperação do fluido base e óleo da formação (-) Pouco ou nenhum controle sobre os tipos de resíduos (-) Responsabilidade solidária ( <i>Liability</i> ) (-) Transferência de potencial responsabilidades futuras sob resíduos do pré- sal para infraestrutura terrestre (-) Nenhuma remoção ou estabilização de metais pesados, sais ou hidrocarbonetos (-) Necessidade de dimensionamento dos sistemas de aeração e controle dos aeradores durante a compostagem	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) Baixo risco operacional, pois não demanda novas rotinas operacionais (-) Contato e manuseio de substâncias perigosas (-) Sistemas de detecção, coleta de chorume e monitoramento a longo prazo para verificar se o mesmo não está escapando da área de contenção	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Possibilidade de impactos a qualidade do solo (concentrações residuais de contaminantes na lama), qualidade do ar (emissões atmosféricas do equipamento utilizado para aeração ou até dos resíduos e da volatilização de hidrocarbonetos presentes nos resíduos) e lixiviação de contaminantes para águas subterrâneas (-) Em áreas de alta pluviosidade, o escoamento superficial pode causar contaminação das águas superficiais (-) Requer gestão ambiental eficaz	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$) Baixo custo por tonelada (+) Custos de energia baixo (±) investimento inicial moderado (-) Incremento de custo quando há necessidade de associação com a vermicompostagem
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Existem normas para comercialização do fertilizante gerado ao final do processo: • Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. • Instrução Normativa SDA nº 27, de 5 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. • Instrução Normativa GM nº 46, de 6 de outubro de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. • Instrução Normativa GM nº 53, de 23 de outubro de 2013, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.	NA	(+) Histórico de utilização no Reino Unido, Indonésia, África (Nigéria), Rússia, Canada, Austrália e Estados Unidos	Carece de estudo de viabilidade técnica para aplicação à realidade brasileira. Possibilidade de geração de passivo ambiental. Contudo, é uma metodologia que permite a reciclagem de resíduos podendo ser aplicada em áreas remotas.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

L- COMPOSTAGEM POR REATORES BIOLÓGICOS						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologia não utilizada para tratamento de resíduos de perfuração no Brasil	(-) Alto teor de sais existente em alguns fluidos pode ser uma barreira	(+) Flexibilidade de processar volumes variáveis de resíduos (+) Facilidade de controlar odores (+) Menor demanda de área que as leiras revolvidas e estáticas (+) Independência de agentes climáticos para reatores biológicos (+) Maior controle do processo de compostagem (+) Utilizada quando o solo é pobre e não dá bom suporte à vegetação (+) Pode ser utilizada como parte de um tratamento combinado com outras técnicas (+) Pode ser particularmente adequado para ambientes remotos onde falta infraestrutura de tratamento (-) Material orgânico aumentará o volume total de resíduos (-) O processo de tratamento pode levar um tempo considerável (semanas ou meses para atingir os <i>endpoints</i> exigidos) (-) Dependência de sistemas mecânicos especializados, o que torna a manutenção mais cara e delicada (-) Não recuperação do fluido base e óleo da formação (-) Pouco ou nenhum controle sobre os tipos de resíduos (-) Responsabilidade solidária ( <i>Liability</i> ) (-) Transferência de potencial responsabilidades futuras sob resíduos do pré- sal para infraestrutura terrestre (-) Nenhuma remoção ou estabilização de metais pesados, sais ou hidrocarbonetos	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) baixo risco operacional, pois não demanda novas rotinas operacionais (-) Contato e manuseio de substâncias perigosas (-) Sistemas de detecção, coleta de chorume e monitoramento a longo prazo, para verificar se o mesmo não está escapando da área de contenção	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Possibilidade de impactos a qualidade do ar pela volatilização de hidrocarbonetos presentes nos resíduos	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$) Baixo custo por tonelada (+) Potencial de recuperação de energia térmica (dependendo do tipo de sistema) (-) Incremento de custo quando há necessidade de associação a vermicompostagem (-) Custo de investimento inicial e de manutenção é alto
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Existem normas para comercialização do fertilizante gerado ao final do processo: <ul style="list-style-type: none"> <li>Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.</li> <li>Instrução Normativa SDA nº 27, de 5 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.</li> <li>Instrução Normativa GM nº 46, de 6 de outubro de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.</li> <li>Instrução Normativa GM nº 53, de 23 de outubro de 2013, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.</li> </ul>	NA	(+) Histórico de utilização no Reino Unido, Indonésia, África (Nigéria), Rússia, Canadá, Austrália e Estados Unidos	Carece de estudo de viabilidade técnica para aplicação à realidade brasileira. Possibilidade de geração de passivo ambiental. Contudo, é uma metodologia que permite a reciclagem de resíduos podendo ser aplicada em áreas remotas.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

M- VERMICOMPOSTAGEM						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologia não utilizada para tratamento de resíduos de perfuração no Brasil	(-) Alto teor de sais existente em alguns fluidos pode ser uma barreira	(+) Metodologia de fácil aplicação com uso pouco intensivo em equipamentos (+) Utilizada quando o solo é pobre e não dá bom suporte à vegetação (+) Pode ser utilizada como parte de um tratamento combinado com outras técnicas (+) Pode ser particularmente adequado para ambientes remotos onde falta infraestrutura de tratamento (-) Material orgânico aumentará o volume total de resíduos. (-) Grandes requisitos de espaço (-) O processo de tratamento pode levar um tempo considerável (semanas ou meses para atingir os <i>endpoints</i> exigidos) (-) Não recuperação do fluido base e óleo da formação (-) Pouco ou nenhum controle sobre os tipos de resíduos (-) Responsabilidade solidária ( <i>Liability</i> ) (-) Transferência de potencial responsabilidades futuras sob resíduos do pré- sal para infraestrutura terrestre (-) Nenhuma remoção ou estabilização de metais pesados, sais ou hidrocarbonetos (-) Eficiência depende da manutenção de parâmetros como temperatura, aeração e da saúde da colônia de vermes	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) Requer espaço e equipamento limitados (+) Baixo risco operacional, pois não demanda novas rotinas operacionais (-) Contato e manuseio de substâncias perigosas (-) Sistemas de detecção, coleta de chorume e monitoramento a longo prazo para verificar se o mesmo não está escapando da área de contenção (-) Monitoramento de emissões de H <sub>2</sub> S, caso seja aumentada eficiência de degradação do óleo.	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Possibilidade de impactos a qualidade do solo (concentrações residuais de contaminantes), qualidade do ar (volatilização de hidrocarbonetos presente nos resíduos) e lixiviação de contaminantes para águas subterrâneas (-) Em áreas de alta pluviosidade, o escoamento superficial pode causar contaminação das águas superficiais (-) Requer gestão ambiental eficaz	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$) Baixo custo por tonelada (+) Custos de energia baixo (-) Incremento de custo quando há necessidade de associação com outras técnicas de compostagem (-) Custos de monitoramento ambiental
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Existem normas para comercialização do fertilizante gerado ao final do processo: • Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. • Instrução Normativa SDA nº 27, de 5 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. • Instrução Normativa GM nº 46, de 6 de outubro de 2011, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. • Instrução Normativa GM nº 53, de 23 de outubro de 2013, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.	NA	(+) Registro de teste de aplicação no Brasil para solo contaminado com óleo lubrificante (-) Método ainda não utilizado em larga escala comercial, mas foi desenvolvido originalmente na Nova Zelândia e aplicado na Noruega.	Carece de estudo de viabilidade técnica para aplicação à realidade brasileira. Possibilidade de geração de passivo ambiental. Contudo, é uma metodologia que permite a reciclagem de resíduos podendo ser aplicada em áreas remotas.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

N - DEWATERING						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(+) sondas de perfuração <i>onshore</i> , principalmente nos estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Maranhão	(-) Aplicável apenas para fluido de perfuração base aquosa sem contaminação de óleo	(+) Alternativa para operações onde há restrição de disponibilidade de água; (+) Redução do volume de resíduo gerado; (+) Tratamento permite a reutilização do FPBA em outras operações; (+) Tratamento pode gerar água com enquadramento para descarte; (+) Tratamento permite o reuso de água para outros fins (+) Metodologia de fácil aplicação e necessita de poucos equipamentos (-) Tratamento não remove sal do fluido. (-) Dependendo do teor de sal presente no fluido, a água recuperada não estará enquadrada nos critérios para descarte	(+) Instalação do equipamento exige pouca infraestrutura. (+) <i>Footprint</i> do equipamento é ajustável a área disponível, e a demanda de volume a ser tratado (+) Reparo do equipamento é rápido em caso de falha operacional (+) Durante operação não há necessidade de movimentação, transporte ou atividade de içamento (+) Pouco intensivo no uso de mão de obra (-) Risco de exposição dos trabalhadores a produtos químicos (-) Risco de derrame em caso de falha operacional ou má conservação dos tanques (-) Tratamento por batelada, não pode ser feito em fluxo contínuo	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) Redução de resíduo gerado (+) Redução de água consumida (+) Reuso de água e FPBA (-) Potencial de contaminação do solo ou corpos hídricos	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(\$) Baixo custo de tratamento por barril (+) Pouco intensivo no uso de energia (+) baixo custo de reparo e manutenção (-) Custos associados a acidentes ambientais, devido ao princípio da responsabilidade solidária
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
ABNT NBR 10004/2004 - Resíduos Sólidos - Classificação CONAMA Resolução 357	NA	(+) Tecnologia consolidada e utilizada amplamente no mundo	Tratamento de grandes volumes exigirá plantas com grande <i>Footprint</i> e elevada capacidade de armazenagem de fluido devido a natureza do tratamento ser em batelada. O elevado teor de sal no FPBA, provenientes do pré-sal, provavelmente impossibilitará o descarte da água tratada em corpos hídricos ou terra, será necessário o reuso.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

O- UTILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologia não utilizada no Brasil	(-) Restrições para matriz com alta concentração de cloretos e hidrocarbonetos	(+) Baixa Responsabilidade solidária ( <i>Liability</i> ) (+) Substituição de matérias-primas pelo cascalho (-) Necessidade de caracterização dos cascalhos de perfuração (análise química, microestrutura, mineralogia, porosidade, características físicas e ambientais) (-) Redução do custo de disposição em aterro (-) Pode requerer aprovação de uso (criação de norma ou especificação técnica em função do usuário final) (-) Necessidade de associação à técnica de solidificação e estabilização ou dessorção térmica para tratamento prévio do cascalho (-) Alta variabilidade da qualidade do resíduo pode tornar o reuso inviável (-) Não elimina sal e cloretos	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Requer cuidados para garantir a estabilidade a longo prazo dos materiais no ambiente (-) Risco de exposição dos trabalhadores a produtos químicos e radioatividade da barita	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Risco de contaminação do solo e da água superficial e subterrânea pelo sal presente no cascalho	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$\$\$) Alto custo por tonelada devido a necessidade de associação com dessorção térmica ou solidificação (+) Reduz necessidade de destinação final em aterro
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Sem restrições ou limitações normativas	NA	(+) Realização de teste de aplicação em Taiwan, Mar do Norte e Nigéria (-) Técnica pouco difundida e necessidade de potencial de aplicação em escala comercial	Apesar de existirem poucos estudos sobre o uso de cascalhos de perfuração em materiais de construção, observa-se um esforço na busca de soluções para as restrições técnicas atuais. Para redução do potencial de lixiviação de contaminantes é necessário pré-tratamento do cascalho para encapsulamento ou inertização. Devido a possibilidade de múltiplos usos, requer estabelecimento de normas ou especificações técnicas em acordo com usuário final, o que pode ser um processo dispendioso e demorado. É pouco provável que essa tecnologia seja uma alternativa em curto/médio prazo.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

P - AGREGAÇÃO EM ARTEFATOS CERÂMICOS						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(+) Bahia e Rio de Janeiro	(+) Não há restrição de aplicação	(+) Baixa Responsabilidade solidária ( <i>Liability</i> ) (-) Redução do volume do resíduo (-) Dificuldade de atendimento a práticas de Qualidade, Segurança, Meio ambiente e Saúde da indústria de óleo e gás (uso de EPI) (-) Teor de óleo aderido ao cascalho pode reduzir a resistência mecânica, aumento do teor de sais solúveis e absorção de água (-) Reduzido controle de emissões atmosféricas (-) Baixo controle em relação a origem da madeira utilizada nos fornos de queima (-) Não elimina sal e cloretos	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Processo requer avaliação do(s) resíduo(s) a ser(em) agregados(s) em artefatos cerâmicos para definição das condições operacionais nas quais poderá ser realizado o processamento	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Possibilidade de contaminação do solo e lixiviação para águas superficiais e subterrâneas (-) Possibilidade de alteração da qualidade do ar durante o processo de calcinação (VOCs)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Percepção de poluição do ar pela população residente em áreas próximas a central de resíduos	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$) Baixo custo por tonelada (-) Necessidade de instalação de lavador de gases e custos de monitoramento de emissões atmosféricas
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
CONAMA nº491/2018.	NA	(-) Sem informações de aplicação a nível mundial para aproveitamento de resíduos de perfuração	Apesar de ainda serem estudos aprofundados quanto a sustentabilidade ambiental de aplicação deste método em escala industrial. Sua aplicação em operação da Petrobrás no Estado da Bahia corrobora a viabilidade técnica e ambiental desta destinação. Necessidade de estabelecimento de regras para licenciamento ambiental. É pouco provável que essa tecnologia seja uma alternativa em curto/médio prazo.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

Q - AGREGAÇÃO EM ARTEFATOS DE CIMENTO						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologia não utilizada no Brasil	(-) Restrições para matriz com alta concentração de cloretos e hidrocarbonetos	(+) Baixa Responsabilidade solidária ( <i>Liability</i> ) (+) Substituição de matérias-primas pelo cascalho (-) Redução do custo de disposição em aterro (-) Necessidade de caracterização dos cascalhos de perfuração (análise química, microestrutura, mineralogia, porosidade, características físicas e ambientais) (-) Alta variabilidade da qualidade do resíduo pode tornar o reuso inviável (-) Necessidade de associação com técnica de dessorção térmica (-) Não elimina sal e cloretos	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Processo requer avaliação do(s) resíduo(s) a ser(em) agregados(s) em artefatos de cimento para definição das condições operacionais nas quais poderá ser realizado tal processamento (-) Risco de exposição dos trabalhadores a produtos químicos e radioatividade da barita	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Risco de contaminação do solo e da água superficial e subterrânea pelo sal presente no cascalho	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$\$\$) Alto custo por tonelada devido a associação com dessorção térmica
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Sem restrições ou limitações normativas	NA	(-) Sem informações de aplicação a nível mundial para aproveitamento de resíduos de perfuração	Apesar de existirem poucos estudos sobre o uso de cascalhos de perfuração em blocos de cimento observa-se um esforço na busca de soluções para as restrições técnicas atuais. Necessidade de licenciamento de fábrica de blocos de cimento para recebimento do cascalho a ser utilizado. É pouco provável que essa tecnologia seja uma alternativa em curto/médio prazo.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

R - PAVIMENTAÇÃO DE VIAS						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologia não utilizada no Brasil	(-) Restrições para matriz salina e óleo	(+) Baixa Responsabilidade solidária ( <i>Liability</i> ) (+) Redução da pressão sobre recursos utilizados na fabricação de asfalto (-) Necessidade de caracterização dos cascalhos de perfuração (análise química, microestrutura, mineralogia, porosidade, características físicas e ambientais) (-) Redução do custo de disposição em aterro (-) Necessidade de monitoramento pós utilização devido ao potencial de corrosão (-) Alta variabilidade da qualidade do resíduo pode tornar o reuso inviável (-) Redução do volume do resíduo	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Processo requer avaliação do(s) resíduo(s) a ser(em) agregados(s) em pavimentação de vias para definição das condições operacionais nas quais poderá ser realizado tal processamento (-) Risco de exposição dos trabalhadores a produtos químicos e radioatividade da barita	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Potencial de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas devido a lixiviação de componentes provenientes dos resíduos de perfuração, com sal ou mesmo hidrocarbonetos	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$) Baixo custo por tonelada (-) Custos de monitoramento ambiental após a pavimentação	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$) Baixo custo por tonelada (-) Custos de monitoramento ambiental após a pavimentação
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Sem restrições ou limitações normativas	NA	(+) Venezuela, Estados Unidos (Texas e Colorado)	Experiências negativas nos EUA devido a persistência de cloretos indicam grande potencial de corrosão de veículos e lixiviação para o solo. Devido às limitações técnicas atuais é pouco provável que seja uma alternativa em curto/médio prazo.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

S - COPROCESSAMENTO						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(±) 36 plantas espalhadas pelos estados: Pará, Tocantins, Ceará, Paraíba, Sergipe, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul. Entretanto não se sabe quais especificamente são utilizadas para tratamento de resíduos de perfuração no Brasil	(-) Séria restrição a presença de cloretos (-) Altamente restritivo devido ao teor de umidade e ou fluido livre	(+) utilização de resíduos como combustível alternativo, gerando economia de recursos naturais (+) Redução da pressão sobre recursos utilizados como combustível (-) Necessidade de grande volume de resíduo na mistura para reduzir a porcentagem de cloreto em volume e eliminar fluido livre (reduzir a umidade) (-) Ausência de rastreabilidade dos resíduos (CDFs indica multitecnologias para destinação final (-) Capacidade de recebimento de resíduos é limitada pela cimenteira (adequação ao tipo de cimento que será produzido)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Processo requer avaliação do(s) resíduo(s) a ser(em) coprocessado(s) para definição de das condições operacionais nas quais poderá ser realizado tal processamento	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Potencial de contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas devido a lixiviação de componentes provenientes dos resíduos de perfuração, com sal ou mesmo hidrocarbonetos	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$\$) moderado custo por tonelada devido a associação com blendagem
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
RESOLUÇÃO CONAMA n° 264, de 26 de agosto de 1999 (Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos) RESOLUÇÃO CONAMA n° 316/02, de 29 de outubro de 2002( Sistema de Tratamento térmico - dioxinas e furanos,) Legislações municipais da CETESB (SP) FEAM(MG), FEPAM (RS) e IAP (PR)	NA	(+) Histórico de utilização na Europa, Estados Unidos e Japão	Restrição de aplicação a resíduos do pré-sal (cloretos e sais). Restrição de aplicação em São Paulo por requisitos legais Indústrias de cimento instaladas no Brasil têm demonstrado crescente interesse na aplicação deste método. Contudo, deverá ser avaliada a logística de transporte, pois a metodologia está associada a etapa de blendagem de resíduos de perfuração. As empresas atuantes no setor E&P estão alocadas nos estados do Maranhão, Sergipe, Bahia, Ceará, Rio de Janeiro, Pará e Santa Catarina. Além disso, deverá ser considerado o risco de exposição dos trabalhadores a produtos químicos e radioatividade da barita durante a mistura realizada na blindagem.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

T - DISPOSIÇÃO EM CAVERNAS DE SAL						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	ECONÔMICO
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(-) Metodologia não utilizada no Brasil	(+) Não há	(+) Alta capacidade e mínimo manuseio dos resíduos (+) Baixo potencial de impactos ao ambiente terrestre (estabilidade geológica e isolamento dos estratos superiores) (-) Limitado a áreas com formações geológicas adequadas (-) Processo de licenciamento ambiental não estabelecido no Brasil (-) Responsabilidade solidária de longo prazo	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (+) O sal é impermeável (+) A estocagem em cavernas de sal pode receber diversos tipos de resíduos (fluidos de perfuração e completção, cascalhos, etc) (+) Menor exposição dos trabalhadores à produtos químicos (-) Necessita de redução do tamanho das partículas para um armazenamento seguro (-) Necessita do controle e retirada da salmoura gerada para dar lugar a disposição da lama (-) Não há muitas informações quanto aos problemas operacionais esperados nesta técnica	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (-) Possibilidade de contaminação ambiental devido a infiltração no solo/formação	(*) destinação final em terra (Quadro 10)	(*) destinação final em terra (Quadro 10) (\$) Baixo custo de investimento e operação (+) Pouco intensivo no uso de energia (-) Custo de investimento no estudo de pré-viabilidade da formação (-) Custos associados a acidentes ambientais e monitoramento da caverna
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
Sem restrições ou limitações normativas	NA	(+) Metodologia aplicada no Canadá, Estados Unidos (Texas e Louisiana) e México	A implementação dessa tecnologia depende de fatores fundamentais: (1) estudo de viabilidade técnica e (2) instrumento regulatório Deverão ser efetuados estudos de viabilidade técnica e operacional para aplicação do método, bem como mapeamento regional de áreas adequadas ao estabelecimento de cavernas de sal e ainda estudo voltado a sustentabilidade de sua aplicação para atendimento as demandas da atividade de perfuração no país. Tais estudos são complexos e demandam investimento, tempo e equipe técnica especializada. É pouco provável que essa tecnologia seja uma alternativa em curto/médio prazo.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica

Anexo 1. Análise crítica das metodologias de tratamento e destinação final de resíduos. Continuação.

U - ATERRO INDUSTRIAL						
Técnica			Segurança Operacional e Ocupacional	Impactos Ambientais	Impactos Sociais	Econômico
Tecnologia/ Prática no Brasil	Restrições as tipologias de fluido e cascalho	Vantagens e Desvantagens				
(+) São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Maranhão, Rio Grande do Norte, Sergipe, Alagoas, Ceará, Pernambuco e Santa Catarina	<p>Cascalho:</p> <p>(-) Depende do volume de fluido livre presente</p> <p>Fluido:</p> <p>(-) Altamente restritivo devido ao teor de umidade</p>	<p>(+) Alternativa para operações onde o Descarte Zero é mandatório</p> <p>(+) Metodologia de fácil aplicação e necessita de poucos equipamentos</p> <p>(+) Processo de licenciamento ambiental estabelecido</p> <p>(-) Redução da vida útil do aterro</p> <p>(-) Não recuperação do fluido base e óleo da formação</p> <p>(-) Responsabilidade solidária (<i>Liability</i>)</p> <p>(-) Necessidade de acondicionamento</p> <p>(-) Não reduz o volume de resíduo</p> <p>(-) Pouco ou nenhum controle sobre os tipos de resíduos colocados no aterro</p> <p>(-) Transferência de potencial responsabilidades futuras sob resíduos do pré-sal para infraestrutura terrestre</p> <p>(-) Nenhuma remoção ou estabilização de metais pesados, sais ou hidrocarbonetos</p>	<p>(*) destinação final em terra (Quadro 10)</p> <p>(+) baixo risco operacional, pois não demanda novas rotinas operacionais</p> <p>(+) Mão de obra não requer capacitação especializada</p> <p>(-) Sistemas de detecção, coleta de chorume e monitoramento a longo prazo para verificar se o mesmo não está escapando da área de contenção</p> <p>(-) Número limitado de aterros disponíveis</p> <p>(-) Necessidade de armazenamento e controle permanentes</p> <p>(-) Contato e manuseio de substâncias perigosas</p> <p>(-) Aumento do risco de vazamentos e perdas</p> <p>(-) Aumento da exposição dos trabalhadores a produtos químicos</p> <p>(-) Aumento da possibilidade de acidentes com equipamentos usados em função do aumento da quantidade de resíduos a ser disposta no aterro</p>	<p>(*) destinação final em terra (Quadro 10)</p> <p>(-) Potencial de contaminação do solo</p> <p>(-) Maior potencial de lixiviação de contaminantes para águas subterrâneas</p> <p>(-) Aumento do transporte e manuseio resulta em emissões atmosféricas (equipamentos usados e voláteis de resíduos) e risco de derramamento</p>	<p>(*) destinação final em terra (Quadro 10)</p>	<p>(\$\$) Moderado custo de descarte por tonelada</p> <p>(+) Pouco intensivo no uso de energia</p> <p>(-) custos relacionados a possíveis intervenções como reparos ou recuperações</p> <p>(-) Custos associados a acidentes ambientais, devido ao princípio da responsabilidade solidária</p>
Limitações/ Restrições Normativas	Restrição para lâmina d'água	Experiência Global	Observações relativas ao cenário de Descarte Zero			
<p>ABNT NBR 10004/2004 - Resíduos Sólidos - Classificação</p> <p>ABNT NBR 8419/1992 - Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos</p> <p>ABNT NBR 10157/1897 - Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projetos, construção e operação</p>	NA	(+) Histórico de aplicação no Golfo do México, Mar do Norte e Austrália Ocidental	Na atualidade, em atividades terrestres de perfuração no Brasil, adota-se como principal solução a destinação do resíduo de perfuração para aterro industrial. O custo de aplicação deste método pode ser reduzido com a aplicação do resíduo como matéria-prima em outros processos.			

Legendas:

(+) positivo, (-) negativo, (±) neutro

(\*) destinação final em terra (Quadro 10)

Custo relativo - \$ baixo, \$\$ - médio e \$\$\$ - alto

NA - Não se aplica