



Metodologias de linha de base e monitoramento indicativas simplificadas para categorias selecionadas de atividades de projeto de pequena escala no âmbito do MDL

TIPO III - OUTRAS ATIVIDADES DE PROJETO

Os participantes do projeto devem levar em conta a orientação geral relativa às metodologias, as informações sobre adicionalidade, as abreviaturas e a orientação geral sobre fugas fornecidas no endereço:

<http://cdm.unfccc.int/methodologies/SSCmethodologies/approved.html>.

III.O. Produção de hidrogênio com o uso de metano extraído do biogás

Tecnologia/medida

1. Esta metodologia se aplica às atividades de projeto que instalem um sistema de purificação de biogás a fim de isolar o metano do biogás para a produção de hidrogênio, substituindo o GLP como matéria-prima e combustível em uma fábrica de hidrogênio. Exemplos de atividades de projeto cobertas por esta metodologia são a instalação de um sistema de purificação de biogás para isolar o metano do biogás que está sendo queimado na situação da linha de base ou a instalação de um sistema de purificação de biogás em combinação com a instalação de novas medidas de recuperação de metano da matéria orgânica biogênica nas estações de tratamento de águas residuárias ou aterros sanitários, com o uso de tecnologias/medidas cobertas pela AMS III.H ou AMS III.G. As reduções de emissões decorrentes da instalação do sistema de recuperação de metano devem ser calculadas de acordo com a AMS III.H ou AMS III.G.
2. Esta metodologia não se aplica às tecnologias que substituem a produção de hidrogênio pela eletrólise.
3. A metodologia só poderá ser aplicada caso se possa garantir que não há desvio do biogás que já está sendo usado na geração de energia térmica ou elétrica ou utilizado em qualquer outro processo (químico) na linha de base.
4. A atividade do projeto cumpra todas as regulamentações locais, inclusive todas as medidas de segurança pertinentes.
5. As medidas se limitam àquelas que acarretem reduções de emissões agregadas inferiores ou iguais a 60.000 t de equivalente de CO₂ anualmente de todos os componentes do tipo III.

Limite do projeto

6. O limite do projeto são as áreas físicas, geográficas, em que o metano é captado, extraído e em que o hidrogênio é produzido a partir do biogás e do GLP. O limite também se estende a outros equipamentos consumidores de biogás ou metano na mesma



Metodologias de linha de base e monitoramento indicativas simplificadas para categorias selecionadas de atividades de projeto de pequena escala no âmbito do MDL

III.O. Produção de hidrogênio com o uso de metano extraído do biogás (continuação)

área, se for o caso.

Linha de base

7. As emissões da linha de base são calculadas como a soma do seguinte:
 - (a) O CO₂ gerado nas reações do GLP (substituído pelo metano extraído do biogás no cenário do projeto), como matéria-prima durante a reforma de vapor/reação de troca;
 - (b) O CO₂ gerado no processo de combustão do GLP (substituído pelo metano extraído do biogás no cenário do projeto), como combustível aos reatores.

8. A composição do GLP para fins de cálculo das emissões da linha de base deve ser determinada com base na análise da composição do estoque reserva de GLP¹, o que deve ter por base:
 - (a) Informações disponibilizadas pelo fornecedor; ou
 - (b) Análise composicional conduzida por um laboratório certificado independente; ou
 - (c) Declaração de especificação do produto disponibilizada pelo fornecedor nacional de gás do país anfitrião.

9. As emissões de CO₂ geradas nas reações do GLP durante a reforma de vapor/reação de troca são determinadas pelo cálculo do potencial de geração de CO₂ por mol de hidrogênio produzido a partir do GLP usado como matéria-prima na linha de base (R_{CO_2/H_2}) e a quantidade molar de hidrogênio produzido com o uso de metano extraído do biogás como matéria-prima. A razão R_{CO_2/H_2} é calculada por meio de análise da reforma de vapor/troca de reações especificada no parágrafo 10, envolvendo cada molécula contida no GLP (normalmente propano e butano).

$$BE_{LPG_FEED} = R_{CO_2/H_2} \times m_{H_2,BIO} \times MW_{CO_2} \times C_1 \quad (1)$$

¹ O GLP reserva é essencial para a confiabilidade do processo. O GLP reserva é o estoque de GLP reservado pelo operador para cobrir as situações em que não haja biogás em quantidade suficiente ou a produção de hidrogênio a partir do biogás tenha parado por alguma razão. Por exemplo, em épocas de seca prolongada, a estação de tratamento de águas residuárias em que sejam tratadas águas residuárias como efluentes de fábrica de óleo de dendê pode não estar operando com capacidade máxima e, portanto, pode estar produzindo menos biogás. Outras possibilidades são a falta temporária de um sistema de remoção de H₂S por causa de manutenção/repáros.



Metodologias de linha de base e monitoramento indicativas simplificadas para categorias selecionadas de atividades de projeto de pequena escala no âmbito do MDL

III.O. Produção de hidrogênio com o uso de metano extraído do biogás (continuação)

Onde:

BE_{LPG_FEED}	são as emissões de CO ₂ anuais na linha de base provenientes do GLP usado como matéria-prima e substituído na fábrica de hidrogênio (tCO ₂ e);
R_{CO_2/H_2}	é o potencial de geração de CO ₂ por mol de hidrogênio produzido com o GLP como matéria-prima, conforme definido no parágrafo 13 (kmol-CO ₂ /kmol-H ₂);
$m_{H_2,BIO}$	é a quantidade molar de hidrogênio produzida anualmente a partir do metano extraído do biogás, conforme definido no parágrafo 16 (kmol-H ₂);
MW_{CO_2}	é o peso molecular do CO ₂ (44 kg/kmol);
C_1	é o fator de conversão de quilogramas em toneladas (0,001).



A reação de troca genérica é:



A reação líquida das reações acima é a soma das fórmulas (2) e (3) acima:



Com base nas regras estequiométricas:

1 mol de C_nH_m e 2n mol de H₂O produzem n mol de CO₂ e ((m/2)+2n) mol de H₂.

Por exemplo: 1 mol de gás propano (C₃H₈) e 6 mol de H₂O estão para 3 mol de CO₂ e 10 mol de H₂.

11. Para o GLP contendo m₁ mol de propano e m₂ mol de butano, as reações são sintetizadas abaixo:



MDL – Conselho Executivo

III.O./Versão 1
Escopo setorial: 5
35ª reunião do Conselho Executivo

Metodologias de linha de base e monitoramento indicativas simplificadas para categorias selecionadas de atividades de projeto de pequena escala no âmbito do MDL

III.O. Produção de hidrogênio com o uso de metano extraído do biogás (continuação)

Tabela III.O-1 – Reações do GLP durante a produção de hidrogênio

Gás de Origem	Tipo de Reação	Ref. Eq.	Reação
Propano	Reforma de vapor	(A)	$C_3H_8 + 3H_2O \leftrightarrow 3CO + 7H_2$
	Conversão de troca	(B)	$3CO + 3H_2O \leftrightarrow 3CO_2 + 3H_2$
	Subtotal	(C)=(A)+(B)	$C_3H_8 + 6H_2O \leftrightarrow 3CO_2 + 10H_2$
Butano	Reforma de vapor	(D)	$C_4H_{10} + 4H_2O \leftrightarrow 4CO + 9H_2$
	Conversão de troca	(E)	$4CO + 4H_2O \leftrightarrow 4CO_2 + 4H_2$
	Subtotal	(F)=(D)+(E)	$C_4H_{10} + 8H_2O \leftrightarrow 4CO_2 + 13H_2$

Para 100 mol de mistura de GLP contendo m_1 mol de propano e m_2 mol de butano, as reações são:

Tabela III.O-2 – Reações durante a produção de hidrogênio a partir de 100 mol de GLP

Gás de origem	Composição em 100 mol	Ref. reação a partir de	Reações
Propano	m_1	(C)	$[m_1]C_3H_8 + [6m_1]H_2O \leftrightarrow [3m_1]CO_2 + [10m_1]H_2$
Butano	m_2	(F)	$[m_2]C_4H_{10} + [8m_2]H_2O \leftrightarrow [4m_2]CO_2 + [13m_2]H_2$
Total	$m_1 + m_2$	(G)	Como $100molGLP = [m_1]C_3H_8 + [m_2]C_4H_{10}$, (1) + (2) é $100molGLP + [6m_1 + 8m_2]H_2O \leftrightarrow [3m_1 + 4m_2]CO_2 + [10m_1 + 13m_2]H_2$

12. Com base na reação G, na Tabela III.O-2, o potencial de produção de hidrogênio por mol de GLP é definido como:

$$R_{H_2/LPG} = \left[\frac{10m_1 + 13m_2}{100} \right] \quad (5)$$

13. Com base na reação G, na Tabela III.O-2, o potencial de geração de CO_2 por mol de hidrogênio produzido é definido como:

$$R_{CO_2/H_2} = \frac{[3m_1 + 4m_2]}{[10m_1 + 13m_2]} \quad (6)$$

14. As emissões de CO_2 do GLP queimado como combustível nos reatores na linha



Metodologias de linha de base e monitoramento indicativas simplificadas para categorias selecionadas de atividades de projeto de pequena escala no âmbito do MDL

III.O. Produção de hidrogênio com o uso de metano extraído do biogás (continuação)

de base (substituído pelo metano extraído do biogás no cenário do projeto) devem ser calculadas com base no seguinte:

- (a) Consumo específico do combustível da fábrica de hidrogênio que está usando GLP como combustível, conforme descrito no parágrafo 15; e
- (b) Quantidade de hidrogênio produzida com o uso, como combustível, do metano extraído do biogás, conforme calculado nos parágrafos 16 e 17.

$$BE_{LPG_FUEL} = SFC_{LPG} \times V_{H2,BIO} \times EF_{LPG} \times C_3 \quad (7)$$

Onde:

BE_{LPG_FUEL} são as emissões anuais de CO₂ na linha de base provenientes do GLP usado como combustível nos reatores, o qual é substituído pelo metano extraído do biogás no cenário do projeto (tCO₂e);

SFC_{LPG} é o consumo específico do combustível da fábrica de hidrogênio que usa o GLP como combustível (kg-GLP/Nm³-H₂), conforme definido no parágrafo 15;

$V_{H2,BIO}$ é o volume de hidrogênio produzido a partir do metano extraído do biogás em condições normais (Nm³-H₂) anualmente, como definido nos parágrafos 17 e 18;

EF_{LPG} é o fator de emissão do GLP com base (a) na avaliação do teor de carbono do GLP ou (b) no valor padrão do IPCC (kg-CO₂/kg GLP);

C_3 é o fator de conversão de quilogramas em toneladas (0,001).

15. O consumo específico de combustível do processo da linha de base (SFC_{LPG}) refere-se ao consumo de combustível por volume normal de H₂ produzido caso o GLP seja usado como combustível no processo de produção de hidrogênio. Deve tomar por base uma das seguintes opções:

- (a) Medições durante o período de obtenção de créditos em que a fábrica de hidrogênio é operada com GLP como combustível;
- (b) Dados históricos de no mínimo um ano;
- (c) Especificação do fabricante.

As opções (b) e (c) só podem ser usadas se (a) não for o caso, ou seja, se o GLP não for



Metodologias de linha de base e monitoramento indicativas simplificadas para categorias selecionadas de atividades de projeto de pequena escala no âmbito do MDL

III.O. Produção de hidrogênio com o uso de metano extraído do biogás (continuação)

usado como combustível durante o período de obtenção de créditos.

16. A quantidade molar de hidrogênio produzido a partir do metano extraído do biogás ($m_{H_2,BIO}$) é calculada como a diferença entre a quantidade molar total de hidrogênio produzido ($m_{H_2,T}$) e a quantidade molar de hidrogênio produzido a partir do GLP reserva ($m_{H_2,LPG}$).

$$m_{H_2,BIO} = m_{H_2,T} - m_{H_2,LPG} \quad (8)$$

Onde:

$m_{H_2,BIO}$ é a quantidade molar de hidrogênio produzido a partir do metano extraído do biogás anualmente (kmol-H₂);

$m_{H_2,T}$ é a quantidade molar total de hidrogênio produzido anualmente. Esse parâmetro deve basear-se no monitoramento do volume de hidrogênio produzido pela fábrica de hidrogênio. Se o volume for relatado como sendo normal, a quantidade molar equivalente poderá ser calculada com o uso da relação do gás ideal descrita no parágrafo 18 (kmol-H₂);

$m_{H_2,LPG}$ é a quantidade molar de hidrogênio produzido a partir do GLP anualmente, como calculado no parágrafo 17 (kmol-H₂).

17. A quantidade molar de hidrogênio produzido a partir do GLP ($m_{H_2,LPG}$) deve ser calculada por meio da quantidade monitorada de GLP usado como matéria-prima para a reação (M_{LPG}), multiplicada pelo potencial de produção de hidrogênio calculado na fórmula (5).

$$m_{H_2,LPG} = R_{H_2/LPG} \times \frac{M_{LPG}}{MW_{LPG}} \quad (9)$$

$$MW_{LPG} = m_1 \times MW_{C_3H_8} + m_2 \times MW_{C_4H_{10}} \quad (10)$$

Onde:

$m_{H_2,LPG}$ é a quantidade molar de hidrogênio produzido a partir do GLP anualmente (kmol-H₂);

$R_{H_2/LPG}$ é o potencial de produção de hidrogênio como definido na fórmula (5) (kmol H₂/kmol-GLP);

M_{LPG} é a massa de GLP usado como matéria-prima para a reação



Metodologias de linha de base e monitoramento indicativas simplificadas para categorias selecionadas de atividades de projeto de pequena escala no âmbito do MDL

III.O. Produção de hidrogênio com o uso de metano extraído do biogás (continuação)

	anualmente (kg-GLP);
MW_{LPG}	é o peso molecular do GLP (kg-GLP/kmol-GLP);
m_1	é a porcentagem molar de propano no GLP (mol/mol);
$MW_{C_3H_8}$	é o peso molecular do propano (44 kg/kmol);
m_2	é a porcentagem molar de butano no GLP (mol/mol);
$MW_{C_4H_{10}}$	é o peso molecular do butano (66 kg/kmol).

18. A quantidade de moléculas por volume de gás de baixa pressão é definida pela relação do “gás ideal” mostrada na fórmula (11). Com o uso dessa relação, uma quantidade molar de hidrogênio pode ser convertida em seu volume equivalente de gás de baixa pressão ou vice-versa.

$$P_N V_N = m_{H_2} R T_N C_2 \quad (11)$$

Onde:

V_{N,H_2}	é o volume normalizado de hidrogênio produzido anualmente (Nm ³);
P_N	é a pressão em Pascal em condições normais (Pa);
T_N	é a temperatura em Kelvin em condições normais (273 K);
R	é a constante de gás em Unidade do SI (8,314 Pa.m ³ .mol ⁻¹ .K ⁻¹);
C_2	é o fator de conversão de kmol em mol (1000);
m_{H_2}	é a quantidade molar de hidrogênio produzido (kmol).

Emissões da atividade do projeto

19. As emissões da atividade do projeto são calculadas como a soma dos seguintes itens, a menos que se demonstre que a eletricidade/vapor usados são gerados a partir de fontes renováveis sem possibilidade de emissões:

- (a) As emissões dos combustíveis fósseis e/ou eletricidade usados para operar o sistema de purificação de biogás, calculadas de acordo com os métodos especificados na AMS I.D; e
- (b) As emissões dos combustíveis fósseis usados para gerar vapor para fins de regeneração do sistema de purificação de biogás, calculadas de acordo



Metodologias de linha de base e monitoramento indicativas simplificadas para categorias selecionadas de atividades de projeto de pequena escala no âmbito do MDL

III.O. Produção de hidrogênio com o uso de metano extraído do biogás (continuação)

com a “Ferramenta para calcular as emissões de CO₂ do projeto ou das fugas decorrentes da queima de combustíveis fósseis”.

20. Se produtos químicos ou energia adicionais forem usados para regenerar o adsorvente ou absorvente para fins de purificação do biogás, a contribuição para as emissões de gases de efeito estufa dos produtos químicos usados durante o ciclo de vida deve ser levada em conta, caso já não esteja inclusa no parágrafo 19.

Fugas

21. Se o equipamento do projeto for transferido de outra atividade ou se o equipamento substituído for transferido para outra atividade, as fugas deverão ser consideradas.

Monitoramento

22. O monitoramento deve consistir em:
- (a) Medição contínua do hidrogênio produzido pela atividade do projeto em base volumétrica;
 - (b) Medição contínua do GLP usado como matéria-prima na fábrica de hidrogênio;
 - (c) Análise da composição molar do GLP realizada trimestralmente;
 - (d) Monitoramento contínuo do consumo específico de GLP como combustível quando não houver biogás em quantidade suficiente;
 - (e) Medição contínua da eletricidade e combustível usados pelo sistema de purificação de biogás.
23. Os proponentes do projeto devem manter um balanço do biogás (ou metano), com base no seguinte:
- (a) Medição contínua do biogás produzido pelas águas residuárias, sistema de tratamento, sistema de captação de gás de aterro ou outro processo produtor de biogás; e
 - (b) Medição contínua do biogás usado para vários fins na atividade do projeto: por exemplo, calor, eletricidade, queima e produção de



Metodologias de linha de base e monitoramento indicativas simplificadas para categorias selecionadas de atividades de projeto de pequena escala no âmbito do MDL

III.O. Produção de hidrogênio com o uso de metano extraído do biogás (continuação)

hidrogênio. A diferença é considerada perda em razão das fugas físicas e é deduzida das reduções de emissões. O método de monitoramento deve seguir as disposições especificadas na AMS-III.H, ou AMS-III.G ou as disposições da “Ferramenta para determinar as emissões do projeto decorrentes da queima de gases que contêm metano” no caso de queima (se for o caso).

24. As reduções de emissões obtidas pela atividade do projeto devem ser calculadas como a diferença entre as emissões da linha de base e a soma das emissões do projeto com as fugas.

$$ER_y = BE_y - PE_y + Leakage \quad (12)$$

Onde:

ER_y são as reduções de emissões no ano “y” (tCO₂e);

PE_y são as emissões da atividade do projeto no ano “y” (tCO₂e);

$Leakage$ são as fugas no ano “y” (tCO₂e).

Atividade de projeto no âmbito de um programa de atividades

25. Não está previsto que esta categoria seja aplicada a uma atividade de projeto no âmbito de um Programa de Atividades.
