

SEGURANÇA OPERACIONAL DO HIDROGÊNIO

Daniela Goñi Coelho – Superintendente de Segurança Operacional
23/06/2026

O NOVO MARCO LEGAL E A MISSÃO DO SUBGRUPO IV



Lei nº 14.948/2024
Institui o Marco Legal do
Hidrogênio de Baixa
Emissão de Carbono e
atribui à ANP a
competência sobre a cadeia
de produção



**Criação do GT e subgrupo
IV**
Debate focado em gestão
de riscos e segurança
operacional



Foco na AIR
Produção de subsídios
diretos para futura
regulação

ASPECTOS DE SEGURANÇA DO HIDROGÊNIO

Combustão

Pressão

Baixa temperatura

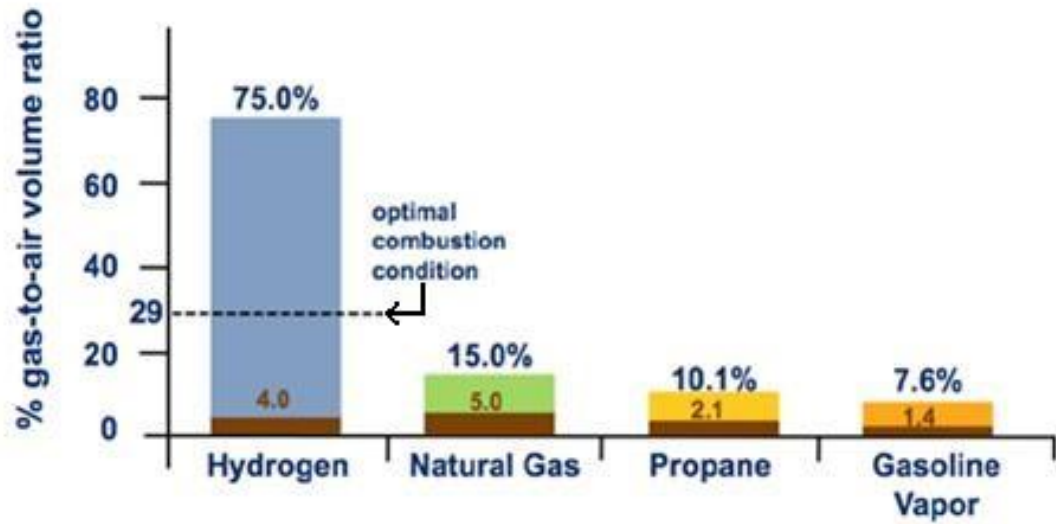
Fragilização por hidrogênio

Exposição humana

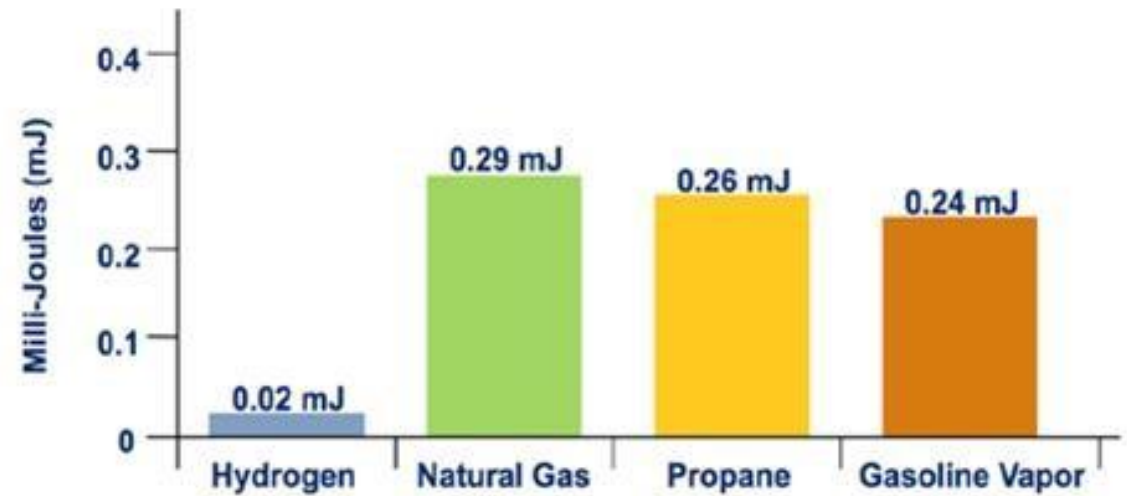
**Características
e Riscos do
Hidrogênio**

ASPECTOS DE SEGURANÇA DO HIDROGÊNIO

Faixa ampla de inflamabilidade

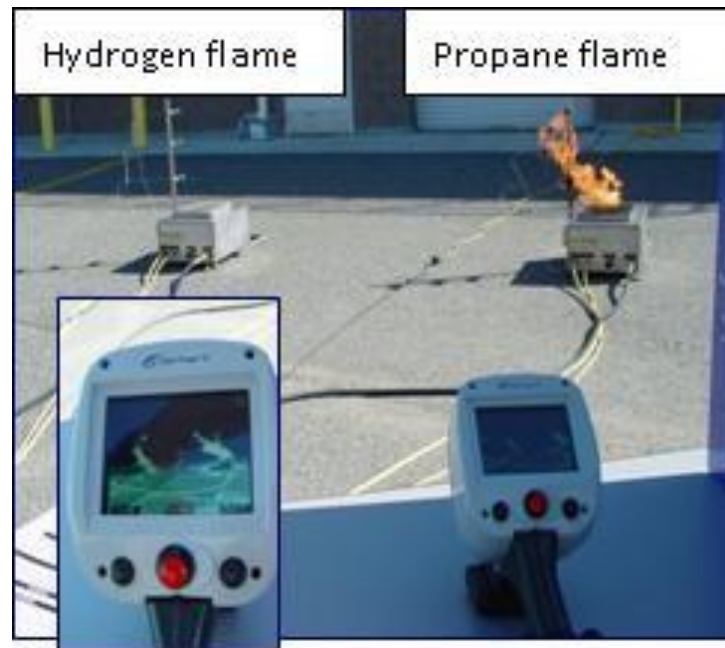


Baixa energia de ignição



ASPECTOS DE SEGURANÇA DO HIDROGÊNIO

Chama invisível e difícil detecção



GESTÃO DE RISCOS – LEI 14.948/2024

Art. 10. Os empreendimentos e as atividades de que trata esta Lei deverão adotar medidas para gestão de risco de acidentes ou desastres.

§ 1º São instrumentos para gestão de risco de acidentes ou desastres dos empreendimentos e das atividades:

I – EAR (Estudo de Análise de Risco);

II – PGR (Plano de Gerenciamento de Risco); e

III – PAE (Plano de Ação de Emergência).

§ 2º Regulamento definirá os requisitos e os critérios para elaboração dos instrumentos previstos no § 1º deste artigo, a serem exigidos pelo órgão regulador das atividades de produção e de usos e aplicações do hidrogênio e pelos órgãos responsáveis pelo licenciamento ambiental.

METODOLOGIA DO SUBGRUPO IV



Experiência Internacional

Análise de *benchmarks* globais e melhores práticas em segurança de H2

API

CAN

ISO

DIN

NFPA

Seveso

Mapeamento de Normas

Levantamento de normas técnicas e códigos de projeto aplicáveis a instalações de hidrogênio



Histórico de Incidentes

Exame de bases de dados globais e histórico das refinarias no Brasil



Arcabouço Nacional

Avaliação do atual arcabouço de Segurança Operacional nas instalações reguladas pela ANP

BENCHMARK REGULATÓRIO INTERNACIONAL

África

- Mali

Europa

- Alemanha
- Dinamarca
- França
- Holanda
- Itália
- Noruega
- Reino Unido

América

- Canadá
- Chile
- Colômbia
- Estados Unidos

Ásia e Oceania

- China
- Coreia do Sul
- Japão

BENCHMARK REGULATÓRIO INTERNACIONAL

A pesquisa visava responder às seguintes questões:

- É requerida autorização para instalações de produção de hidrogênio?
- Qual órgão autoriza e fiscaliza a operação de instalações de produção de hidrogênio?
- Há legislação específica para instalação de produção de H₂ ou segue critérios para indústrias químicas/produtos perigosos ou outro tipo de instalações?
- Abordagem regulatória (prescritiva, baseada em performance ou híbrida)
- Há critério de corte para necessidade de autorização ou para categoria de autorização?

BENCHMARK REGULATÓRIO INTERNACIONAL

Principais conclusões

- Diversidade de abordagens regulatórias
- Regulação europeia: centrada na Diretiva Seveso (limites inferior e superior com base na quantidade armazenada)
- Países com abordagem prescritiva: China, Coreia do Sul e Estados Unidos
- Estados Unidos adota NFPA-2, bem como Canadá (que harmonizou seu Canadian Hydrogen Installation Code à NFPA-2), Chile e Colômbia
- Alemanha, Noruega, Reino Unido, Holanda, Colômbia e Japão adotam legislações já existentes, especialmente aquelas voltadas a gases de alta pressão, substâncias perigosas ou inflamáveis ou instalações elétricas

BENCHMARK REGULATÓRIO INTERNACIONAL

Principais conclusões

- Alemanha, Noruega, Estados Unidos, Canadá e Austrália: autorização das instalações de produção de hidrogênio descentralizada, realizada por órgãos locais (provinciais ou municipais)
- Diversos países pretendem revisar suas legislações para considerar a crescente implantação do hidrogênio, como por exemplo o Reino Unido, Colômbia, Austrália, Holanda e Estados Unidos
- Abordagem baseada em performance com exigência de análise de risco:
 - França (EDD – Étude de Dangers)
 - Reino Unido (COMAH com demonstração de ALARP)
 - Noruega: AQR com zonas de risco definidas conforme risco anual de fatalidade individual
 - Austrália: Safety Case

De forma geral, os países adaptam o seu *framework* regulatório de óleo e gás ou indústrias perigosas ao hidrogênio

INCIDENTES - HIAD

Hydrogen Incident and Accident Database (HIAD)

- Criado inicialmente como parte do projeto HySafe (2004–2009), um projeto de pesquisa financiado pela Comissão Europeia.
- Desde o encerramento do projeto HySafe, o HIAD passou a ser mantido pelo Joint Research Centre (JRC) da Comissão Europeia.
- Eventos são coletados a partir de fontes primárias ou secundárias, como notícias, relatórios de inspeção, bancos de dados públicos e artigos científicos.
- A base de dados inclui, sempre que possível, a análise de causa, lições aprendidas e um rótulo de qualidade para cada evento.
- Até dezembro de 2021, o HIAD 2.0 já contava com 628 registros, compilados principalmente a partir de dez bancos de dados menores.

INCIDENTES - HIAD

Após análise dos registros contidos no banco de dados, conclui-se que as causas identificadas para os acidentes podem ser agrupadas em sete categorias:

- 1. System design error:** falhas no projeto do sistema, como escolha inadequada de materiais, ausência de redundâncias, ou falta de consideração de cenários de falha.
- 2. Material/manufacturing error:** defeitos em materiais ou processos de fabricação, como corrosão, rachaduras, falhas em soldas ou componentes defeituosos.
- 3. Management factors:** falhas organizacionais, como ausência de procedimentos, treinamentos inadequados, ou decisões gerenciais que comprometem a segurança.
- 4. Installation error:** erros cometidos durante a montagem ou instalação de equipamentos.
- 5. Human factors:** erros operacionais, como falhas de comunicação, negligência ou execução incorreta de procedimentos.
- 6. Job factors:** fatores relacionados ao trabalho ou execução de tarefas, como decisões operacionais inadequadas, falhas na execução de tarefas críticas, ausência de verificação de segurança e práticas de trabalho inseguras.
- 7. Environment:** fatores ambientais externos que contribuíram para o acidente, que geralmente estão fora do controle direto da operação, mas devem ser considerados no projeto e manutenção dos sistemas, tais como condições climáticas, vibrações, e variações de temperatura.

INCIDENTES - HIAD

Categoria	Frequência de Ocorrência
<i>Material/manufacturing error</i>	Alta
<i>System design error</i>	Alta
<i>Management factors</i>	Alta
<i>Human factors</i>	Média
<i>Installation error</i>	Média
<i>Job factors</i>	Média
<i>Environment</i>	Baixa

INCIDENTES – H2Tools

- Criado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, com o objetivo de auxiliar na disseminação de informações importantes e lições aprendidas a partir de incidentes relacionados ao uso de hidrogênio.
- Ferramenta de registro de incidentes com hidrogênio que qualquer pessoa pode utilizar para fornecer informações sobre eventos ou quase-acidentes envolvendo esse elemento.
- Os registros são anonimizados para incentivar a notificação de incidentes.
- Em outubro de 2025, o banco de dados continha 221 entradas, que podem ser visualizadas por meio de um dashboard disponibilizado no site do H2Tools.
- Os registros são classificados quanto às características do evento (alta pressão e/ou baixa temperatura), fatores contribuintes, classificação dos danos, grupos de equipamentos envolvidos, se houve ignição e/ou vazamento, possível causa, severidade (incidente, quase-acidente ou não-evento), e informação quanto a como o evento foi descoberto (durante operação, manutenção ou inspeção).
- Os eventos podem ser classificados entre 28 fatores contribuintes e 18 possíveis causas.

INCIDENTES – H2Tools

Criado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, com o objetivo de auxiliar na disseminação de informações importantes e lições aprendidas a partir de incidentes relacionados ao uso de hidrogênio.

Ferramenta de registro de incidentes com hidrogênio que qualquer pessoa pode utilizar para fornecer informações sobre eventos ou quase-acidentes envolvendo esse elemento.

Os registros são anonimizados para incentivar a notificação de incidentes.

Em outubro de 2025, o banco de dados continha 221 entradas, que podem ser visualizadas por meio de um *dashboard* disponibilizado no site do *H2Tools*.

Os registros são classificados quanto às características do evento (alta pressão e/ou baixa temperatura), fatores contribuintes, classificação dos danos, grupos de equipamentos envolvidos, se houve ignição e/ou vazamento, possível causa, severidade (incidente, quase-acidente ou não-evento), e informação quanto a como o evento foi descoberto (durante operação, manutenção ou inspeção).

Os eventos podem ser classificados entre 28 fatores contribuintes e 18 possíveis causas.

INCIDENTES – H2Tools

Fator Contribuinte	Quantidade de ocorrências
Alteração no procedimento	33
Outros	32
Falha de projeto	24
Erro humano	23
Tomada de decisão	15
Consciência situacional	11
Falha de equipamento	10
Deficiência no procedimento	9
Inspeção inadequada	8
Comunicação	7
Falha no cumprimento do procedimento	6
Danos induzidos pela operação	5
Mistura inflamável em área confinada	5
Protocolo/procedimento operacional incorreto	4
Operações anormais	4
Ausência de protocolo/procedimento operacional	3
Fadiga	2
Manutenção inadequada	2
Monitoramento/supervisão do sistema inadequados	2
Desconhecido	2
Procedimento de operação e manutenção incompleto	2
Responsabilização	2
Problema de treinamento	2
Ausência de listagem de componentes	2
Condições meteorológicas	2
Rotulagem inadequada	2
Procedimento de purga inadequado	2
Total Geral	221

INCIDENTES – H2Tools

Possível Causa	Quantidade de ocorrências
Falha de equipamento	80
Erro humano	25
Falha de projeto	24
Outros	17
Falha no cumprimento de procedimentos operacionais padrão	15
Deficiência nos procedimentos	10
Operações anormais	10
Manutenção Inadequada	8
Mistura inflamável em área confinada	6
Procedimentos de operação e manutenção incompletos	5
Procedimento operacional padrão incorreto	4
Inspeção inadequada	4
Colisão de veículo	3
Perigo não identificado antecipadamente	2
Projeto de ventilação inadequado	2
Desconhecido	2
Equipamento inadequado	2
Manuseio inadequado	2
Total Geral	221

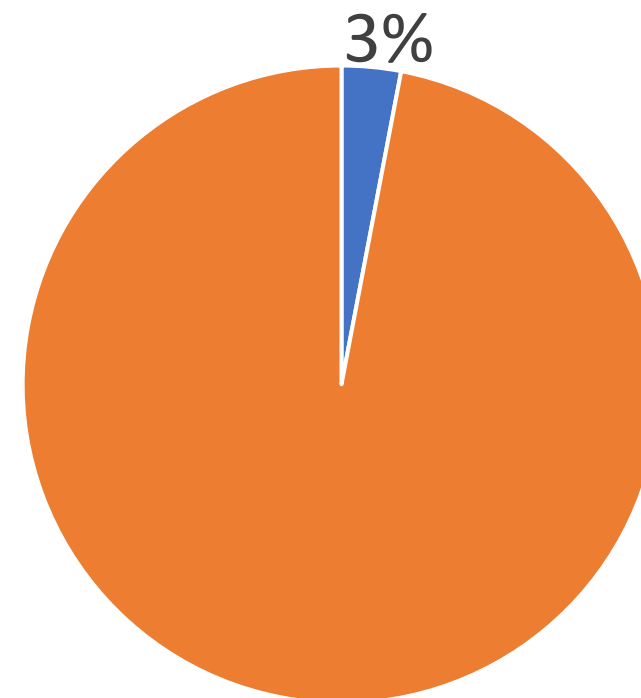
INCIDENTES – BASE DE DADOS SPC

1.260

Total de incidentes analisados reportados à SPC entre 2019 e 2025

0

Acidentes graves (incêndios, explosões, fatalidades) envolvendo hidrogênio no período



Apenas 3% dos incidentes no período tiveram o hidrogênio como elemento envolvido

REGULAÇÃO NACIONAL

Segmento	Tipo de instalação	Arcabouço regulatório de autorização	Sujeito a AC?	Sujeito a AO ou outro tipo de outorga?	Vistoria/auditoria antes do início de operação?	Regulamento técnico ou SGSO?	É obrigatória realização de Análise de Riscos?
Exploração e Produção	Plataformas de produção	Não aplicável	Não	Sim (aprovação da DSO)	Sim (*)	Resolução ANP nº 43/2007 (RT-SGSO)	Sim
	Sondas marítimas		Não		Não		
	Campos terrestres de produção		Não	Sim (aprovação da DSO)	Não	Resolução ANP nº 2/2010 (RT-SGI)	Sim
Movimentação	Terminais terrestres e aquaviários	Resolução ANP nº 52/2015 (AC e AO)	Sim	Sim	Sim	Resolução ANP nº 810/2020 (RTT)	Sim
Produção de Combustíveis	Fósseis (refinarias, gás natural e centrais petroquímicas)	Resolução ANP nº 852/2021 (AO)	Não	Sim	Sim	Resolução ANP nº 5/2014 (somente refinaria)	Sim
	Biocombustíveis (produtores de etanol, biodiesel e biometano)	Resolução ANP nº 987/2025 (AO)	Não	Sim	Sim	Não possui	Sim
Distribuição	Distribuidor TRR Prod. óleo lubr. acabado Coletor ou Rerref. OLUC	Resolução ANP nº 960/2023 (AO)	Não	(AO)	Sim	Não possui	Não

REGULAÇÃO NACIONAL

Somente dutos e terminais estão sujeitos à autorização de construção

A maioria das instalações passa por algum tipo de autorização ou permissão para o início das operações

As instalações de maior risco ou complexidade, tais como as instalações de E&P, refinarias, terminais e dutos, possuem algum regulamento técnico ou sistema de gestão de segurança, que exige a elaboração de análise de riscos.

REGULAÇÃO NACIONAL

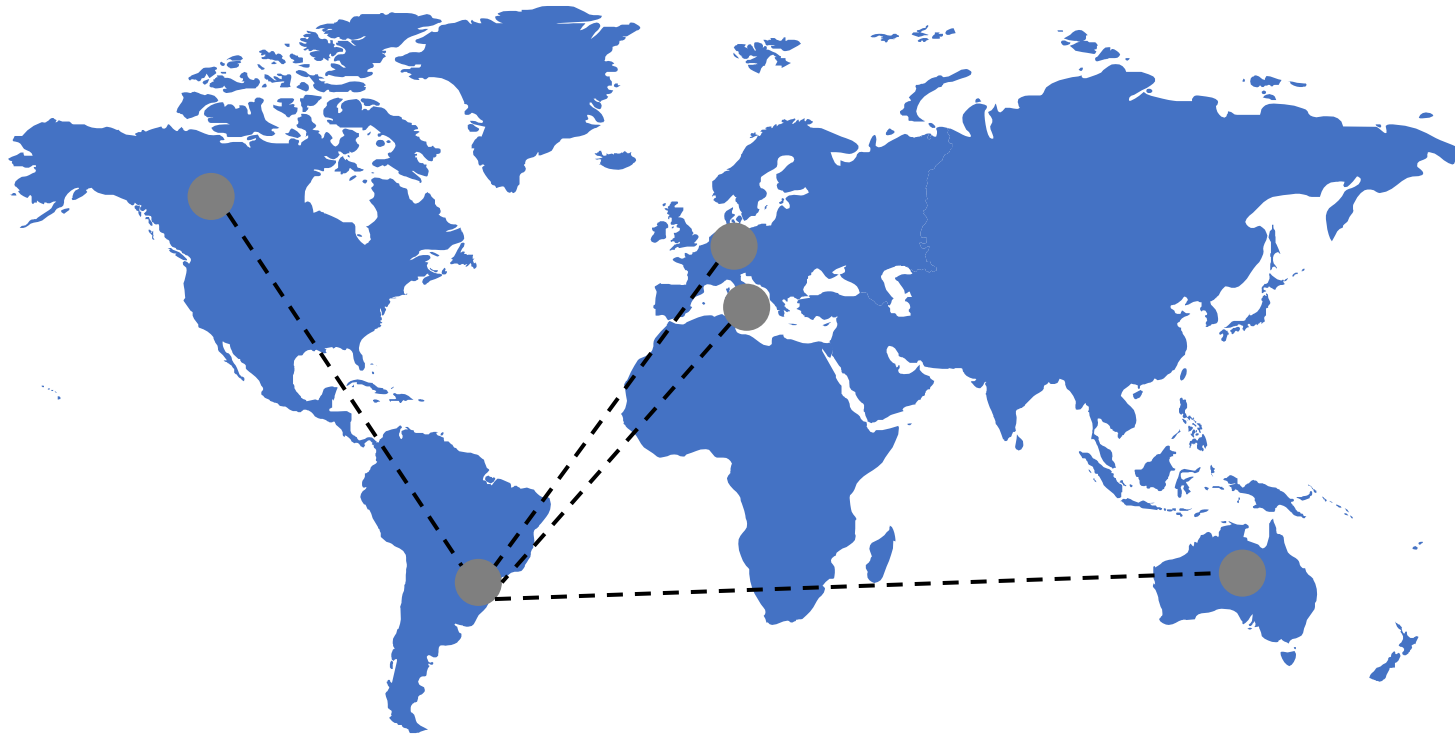
Exigências da Lei 14.948/224

- EAR: Estudo de Análise de Riscos
- PAE: Plano de Ação de Emergência
- PGR: Plano de Gerenciamento de Riscos

SGSO ANP

- PG12: Identificação e Análise de Riscos
- PG14: Planejamento e Gerenciamento de Grandes Emergências
- Conjunto de políticas, práticas e procedimentos que mantêm o nível de risco de uma instalação em níveis preestabelecidos, resultantes de diversas práticas do SGSO, (PG1, OG2, PG15, etc.)

INTEGRAÇÃO COM A OCDE



O grande aprendizado: Regulação Baseada em Riscos

Modelo
Prescritivo



Regulação
Performance-based

Afastamento de regras puramente descritivas em favor de uma regulação baseada em desempenho, desenhada com foco na gestão sistêmica de riscos

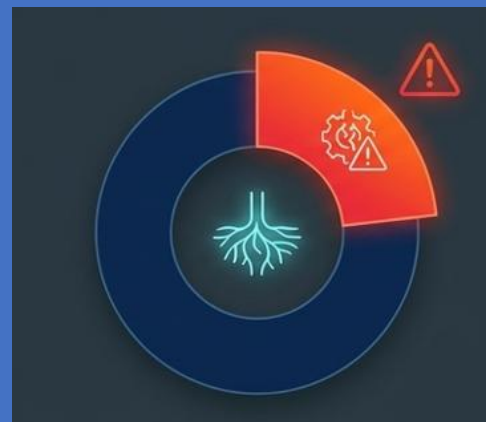
CONCLUSÕES CENTRAIS: O QUE OS DADOS NOS DIZEM?

Convergência O&G → H2



O modelo regulatório de segurança já aplicado às instalações de óleo e gás tem sido o padrão estendido, de forma proporcional, às instalações de hidrogênio internacionalmente

Causa Raiz dos Incidentes



Fatores de gestão e falhas de projeto são as maiores causas de incidentes globais com H2 nas bases avaliadas

Prontidão do SGSO

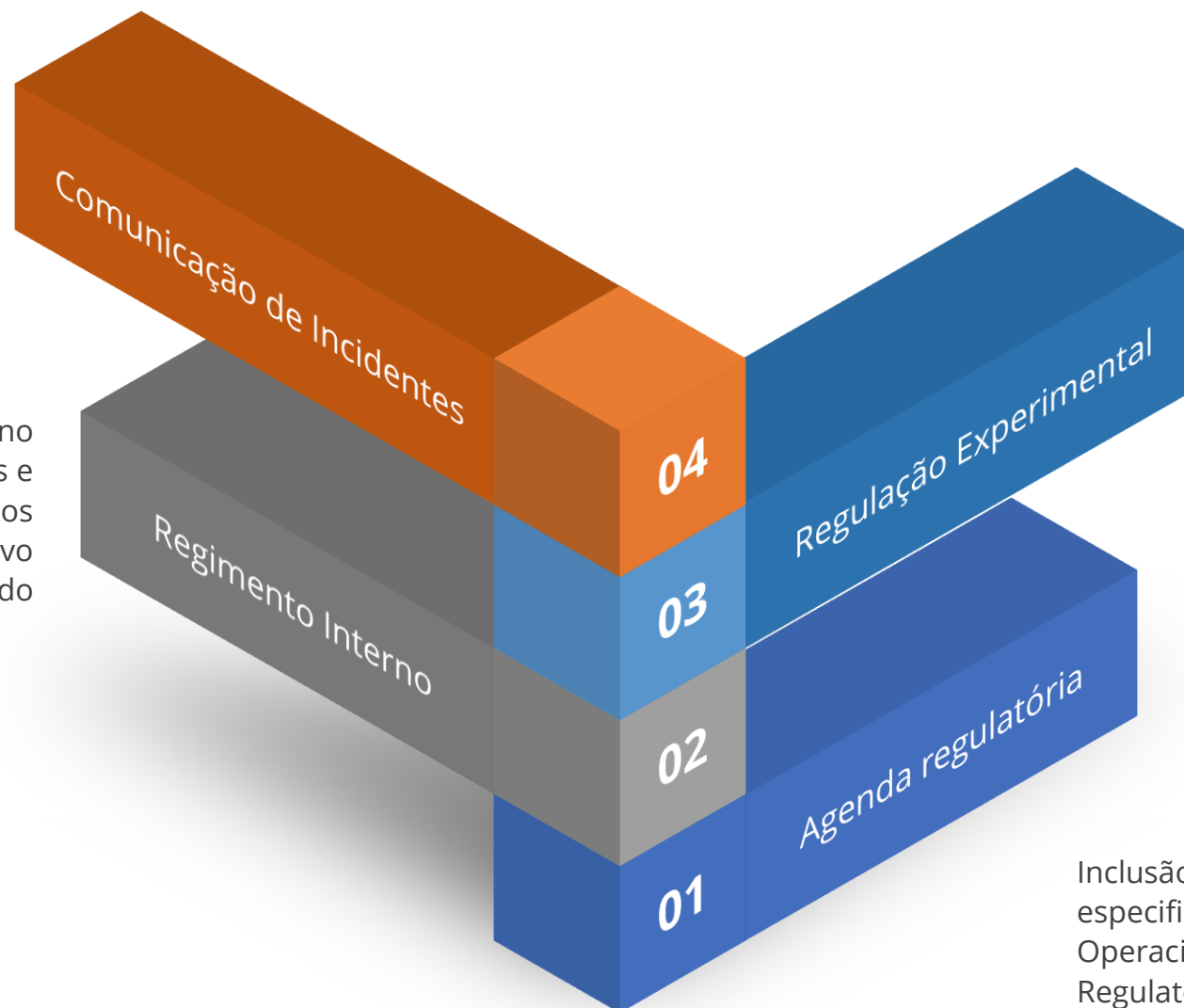


O SGSO atual já contempla os três instrumentos de gestão de riscos exigidos pela nova Lei do Hidrogênio

RECOMENDAÇÕES DO SUBGRUPO

Atualização da norma vigente (RANP 882/2022) para incluir expressamente os agentes regulados da cadeia produtiva do hidrogênio

Revisão do Regimento Interno para clarificar competências e agilizar processos e fluxos institucionais frente ao novo mercado regulado



Adoção de forma experimental do princípios do SGSO para os projetos-piloto durante o período de transição

Inclusão de ação regulatória específica para a Segurança Operacional do H2 na Agenda Regulatória da ANP