

Limites Planetários

espaço operacional seguro para a humanidade

GESTÃO AMBIENTAL E PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

Ana Clara Eggerling

Lucas Zanatta Baggiotto

Camila Pedroso

01

Introdução aos Limites Planetários



Conceito

Nove processos globais críticos com limites seguros que não devem ser ultrapassados.

Ideia proposta por Rockström et al. (2009) para manter a estabilidade do sistema terrestre

Risco de Ultrapassagem

Ultrapassar um limite aumenta exponencialmente o risco de colapso de ecossistemas e impactos severos para a sociedade.

Status Atual

Em 2025, **7 dos 9 limites** já foram excedidos, indicando que operamos **fora** do espaço seguro planetário

Limite 1 - Alterações Climáticas

Parâmetro e Limite

Concentração de CO₂ atmosférico (ppm) e forçamento radiativo (W/m²). Limite seguro ~350 ppm CO₂ ($\approx 1\text{ W/m}^2$); valor atual ~420 ppm, indicando zona de alto risco

Riscos (Impacto nas Empresas/Cadeia)

Eventos climáticos extremos interrompendo cadeias de suprimento; regulação de carbono (ex: taxação de CO₂) elevando custos energéticos e operacionais

Stakeholders

Governos (políticas climáticas e acordos, ex. Acordo de Paris), empresas emissoras (energia, manufatura), investidores (exigindo metas ESG), sociedade civil/ consumidores (pressão por redução de emissões)

KPI Proposto

Pegada de Carbono (t CO₂e) por produto ou operação

Meta: redução de 50% até 2030 e neutralidade de carbono até 2050 (alinhado ao limite de +1,5 °C)

Limite 2 - Perda da Biodiversidade

Parâmetro e Limite

Taxa de extinção de espécies (extinções por milhão de espécies por ano). Limite < 10 extinções/ano; taxas atuais estimadas em >100/ano: muito além da zona segura

Riscos

Colapso de serviços ecossistêmicos (polinização, ciclo de nutrientes) afetando a produção; ex.: declínio de polinizadores reduz produtividade agrícola, desmatamento afetando clima local e suprimento de madeira

Stakeholders

Comunidades locais e indígenas (dependentes da biodiversidade), **ONGs ambientais** (conservação), **empresas de agronegócio/forestal** (uso da terra), **governos** (políticas de conservação e uso do solo)

KPI Proposto

Materiais de origem sustentável (%)

Meta: 100% de matérias-primas provenientes de fontes certificadas sem desmatamento ou perda de habitat até 2030 (garantindo cadeias produtivas “desmatamento zero”)

Limite 3 - Ciclos Biogeoquímicos: Nitrogênio & Fósforo

Parâmetro e Limite

Nitrogênio: quantidade de N₂ fixado para uso humano (~35 milhões t/ano seguro); Fósforo: fluxo de P para oceanos (~11 milhões t/ano seguro). Atualmente ambos limites amplamente excedidos pela agricultura intensiva

Riscos

Eutrofização de rios e oceanos por excesso de fertilizantes (zonas mortas com falta de O₂, mortalidade de peixes); restrições regulatórias ao uso de fertilizantes impactando produtividade agrícola e custo na cadeia de suprimentos alimentar

Stakeholders

Agricultores e indústria de fertilizantes, empresas do setor alimentício/agronegócio (matérias-primas sustentáveis), órgãos ambientais e de recursos hídricos (regulação de poluição), comunidades rurais e pesqueiras

KPI Proposto

Eficiência no Uso de Nutrientes (N/P) na produção agrícola (% de insumo absorvido vs. perdido)

Meta: aumentar eficiência em X% e reduzir vazamento de nitrogênio e fósforo para cursos d'água abaixo de Y mg/L, cumprindo padrões ambientais locais

Limite 4 - Uso da Terra e Mudança no Uso do Solo

Parâmetro e Limite

Porcentagem da superfície terrestre convertida em agricultura/urbanização.
Limite seguro ≈15% (ou manter $\geq 75\%$ da cobertura florestal original)
atualmente ~40% da terra é agrícola e florestas <60%, já fora do nível seguro

Riscos

Desmatamento e expansão urbana além do limite causam perda de biodiversidade e alterações climáticas regionais
Exemplo: desmatamento na Amazônia altera regime hídrico, ameaçando agricultura e energia (hidrelétricas) no Brasil

Stakeholders

Setor agropecuário e imobiliário (uso de terras), empresas de commodities florestais (madeira, papel), governos e agências de planejamento territorial, comunidades locais/indígenas (direitos de terra e sustentabilidade local)

KPI Proposto

Índice de Desmatamento na Cadeia de Suprimentos (ha desmatados por tonelada de produto)

Meta: Desmatamento Zero, com 100% da cadeia produtiva livre de conversão de habitats a partir de 2025; paralelamente, investir em reflorestamento (ha reflorestados por ano) para compensação e melhoria ambiental

Limite 5 - Uso Global de Água Doce

Parâmetro e Limite

Consumo humano de água doce. Limite seguro ~4.000 km³/ano; uso atual ~2.600 km³/ano, porém distribuição desigual leva a estresse hídrico regional

Riscos

Escassez de água prejudicando operações industriais e agricultura (ex.: crise hídrica em São Paulo em 2014); conflitos pelo uso da água entre empresas e comunidades, aumento de custos de água e necessidade de racionamento

Stakeholders

Indústrias intensivas em água (bebidas, agricultura irrigada, mineração, têxtil), companhias de saneamento e gestão hídrica, comunidades locais/consumidores (demandam acesso a água), governos/agências reguladoras

KPI Proposto

Pegada Hídrica por unidade de produto (m³/unidade)

Meta: reduzir consumo de água em X% até 2030; aumentar recirculação/reuso de água para >Y% nos processos industriais, assegurando uso dentro da capacidade renovável local

Limites 7 e 8 - Ozônio Estratosférico e Aerossóis Atmosféricos

Ozônio

Concentração de ozônio estratosférico (Unidades Dobson). Limite seguro alcançado pelo banimento de CFCs - a camada de ozônio está se recuperando graças ao Protocolo de Montreal

Risco contido: Proteção contra UV

Aerossóis

Concentração de partículas finas ($PM_{2.5}/PM_{10}$) em regiões críticas.
Globalmente a poluição do ar vem diminuindo em muitas áreas, mas em centros urbanos industriais ainda causa smog, problemas de saúde e redução de produtividade

Stakeholders

Indústrias e transporte, governos/agências ambientais (padrões de qualidade do ar, ex. PROCONVE), população urbana (afetada por poluição, saúde pública), fabricantes de químicos/refrigerantes

KPIs Propostos

Uso de substâncias destruidoras de ozônio (ODS)

Meta: 0 (substituição 100% por alternativas seguras, conforme normas internacionais);

Emissões atmosféricas de particulados (g de PM por kWh ou por unidade produzida)

Meta: atender 100% aos padrões de qualidade do ar (ex.: < 10 µg/m³ PM_{2.5} ambiente, conforme OMS) através de controle de emissões e filtros industriais

Limite 9 - Poluição Química (Novas Entidades)

Parâmetro e Limite

Concentração/quantidade de compostos sintéticos liberados no ambiente (e.g. poluentes orgânicos persistentes, plásticos, metais pesados, PFAS). ~350 mil substâncias químicas artificiais são produzidas

Riscos

Contaminação permanente de ecossistemas e cadeias alimentares (ex.: microplásticos encontrados em peixes e até água potável); custos de limpeza ambiental e saúde pública (ex.: acidentes químicos)

Stakeholders

Indústrias química e manufatureira, órgãos reguladores (controle de químicos tóxicos, REACH etc.), consumidores (exigem produtos seguros e sem toxinas), empresas de gerenciamento de resíduos e reciclagem

KPI Proposto

Resíduos Perigosos Gerados (kg ou ton por unidade de produção)

Meta: redução de 30% até 2030 e descarte 100% controlado (zero descarte ilegal); adicionalmente, Taxa de Reciclagem/Recuperação de Materiais Tóxicos (%) – Meta: aumento para 50% (implementando economia circular para químicos)

Obrigado!

