

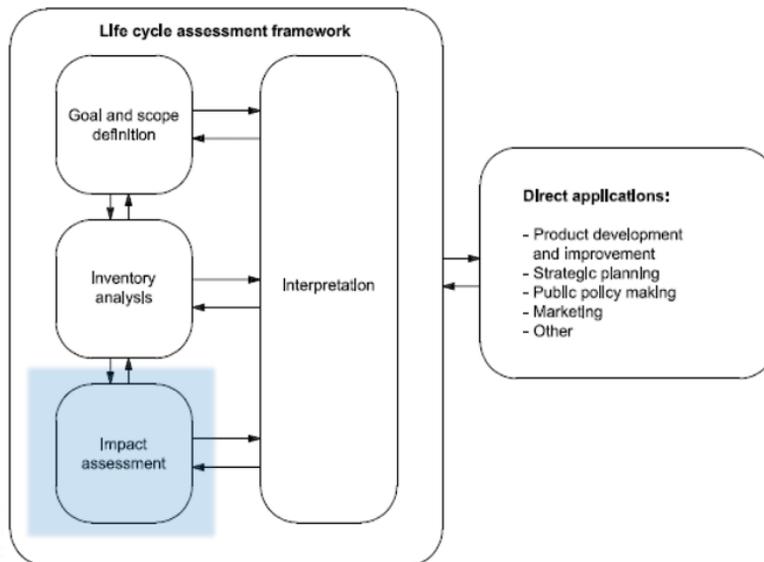
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

PQI 3535: Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)



Gil Anderi da Silva
Luiz Kulay

Estrutura do Método de ACV



(ISO 14040:2006)

Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida Categorias de impacto



Categorias relacionadas ao consumo de recursos

- Depleção de recursos naturais



Categorias relacionadas às saídas

- Acidificação
- Depleção de ozônio estratosférico
- Aquecimento Global
- Formação de foto-oxidantes
- Eutrofização
- Toxicidade: Toxicidade humana e Eco-toxicidade



Categorias relacionadas a transformação do meio físico

- Uso do solo

Aquecimento Global

Fenômeno

Aumento da capacidade de absorção de radiação infravermelha pela atmosfera

Conseqüências

Elevação da temperatura média do planeta

Agentes

Gases de efeito estufa (GEEs): gás carbônico (CO₂); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O); CFC11; e ozônio (O₃)

Aquecimento Global

Categoria de impacto: Aquecimento Global (EE; AG).

Causa: Emissão de gases de efeito estufa (GEE) – (CO₂; CH₄; N₂O; CFC's; O₃;...)

Conseqüências

Modificação no meio ambiente: aumento da [GEEs] na troposfera

1^{aria}: “forçamento radiativo” – desequilíbrio no balanço de energia absorvida/emitada pelo planeta;

2^{aria}: aumento da temperatura global;

A partir daqui, os efeitos são ‘multidirecionais’...

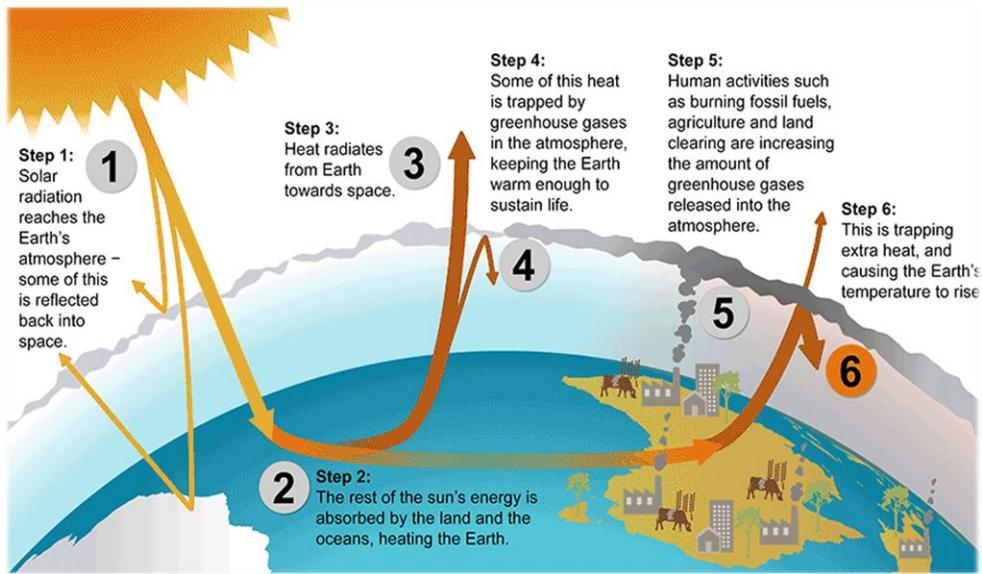
3^{aria}: derretimento de geleiras; aumento do nível dos mares; mudanças nos padrões climáticos; ...

4^{aria}: mudanças na biodiversidade; impactos sobre a sociedade (desabrigados por enchentes, ...)

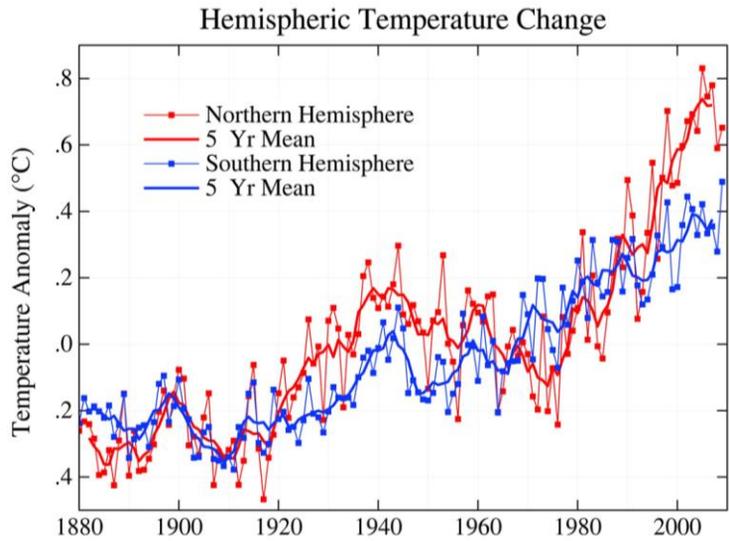
...

Aquecimento Global

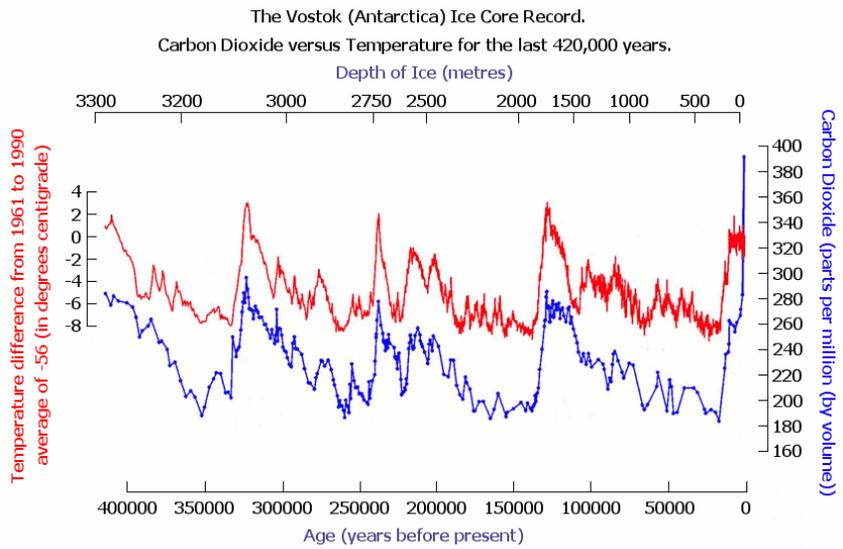
Como funciona no nível macro?



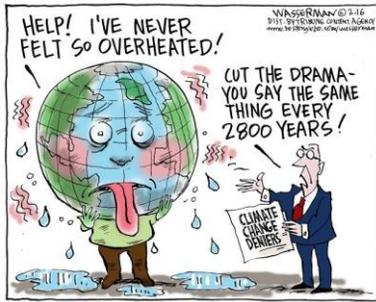
Aquecimento Global
O efeito propriamente dito...



Aquecimento Global
Temperatura vs. [CO₂]



Mudança Climática



Para saber mais, vale a pena consultar:

<https://www.youtube.com/watch?v=We2nYvdjpkK>

https://www.youtube.com/watch?v=-D_Np-3dVBQ

https://www.youtube.com/watch?v=iUrF_Sme7YI

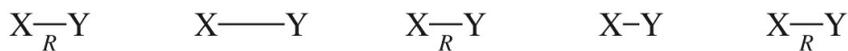
Mudança Climática

[See what three degrees of global warming looks like - YouTube](#)

Aquecimento Global

Um pouco de mecanismo

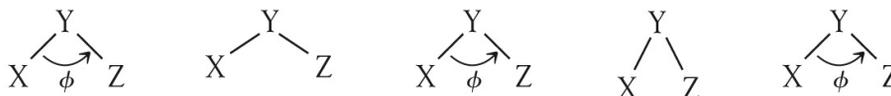
- A luz é absorvida quando sua frequência quase que se iguala à frequência de uma molécula que esteja em seu caminho
- O movimento oscilatório – também conhecido como estiramento da ligação - representa a vibração mais simples de uma molécula
- Neste, a distância entre X e Y aumenta para assumir valores maiores que R – distância padrão entre as partes – retornando a seguir a R, e então contraindo-se à um valor menor, para finalmente retornar a R



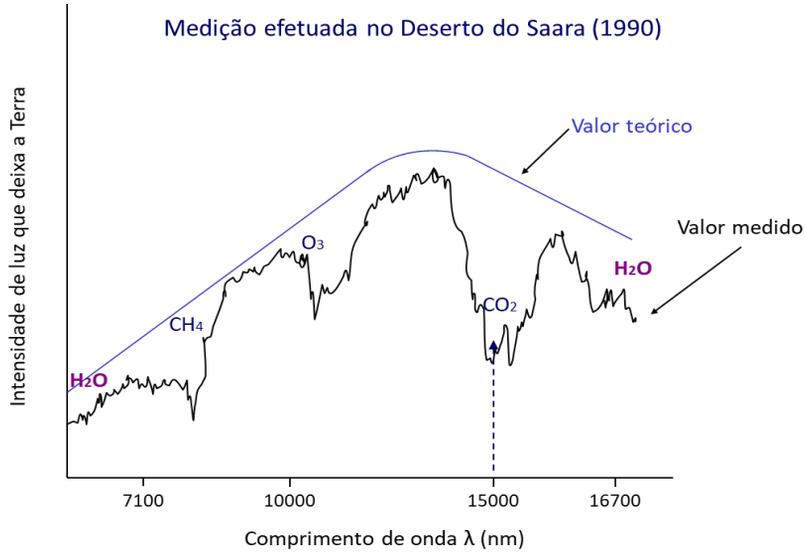
Aquecimento Global

Um pouco de mecanismo

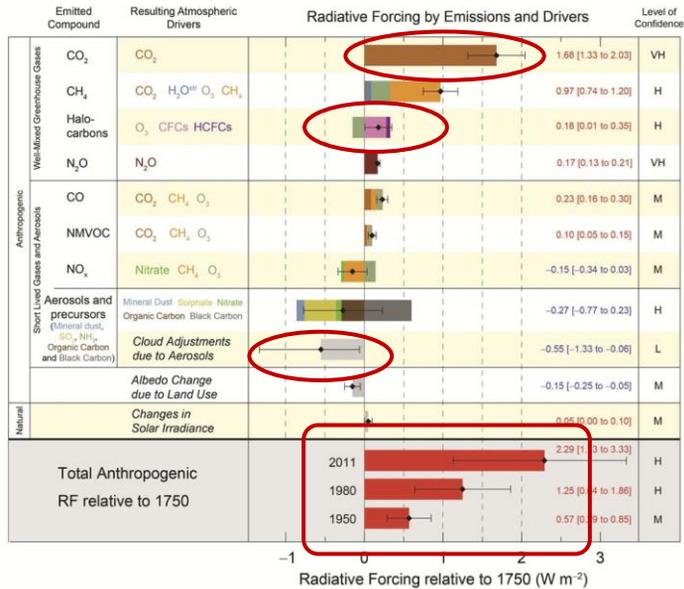
- Outro tipo de vibração relevante consiste da oscilação na distância entre dois átomos X e Z ligados a um átomo comum Y
- Esse movimento, chamado vibração da deformação angular, altera o valor do ângulo formado a partir das ligações estabelecidas entre XYZ de sua medida média ϕ
- As frequências de muitos tipos de deformação angular encontram-se na região do IR térmico



Mudanças Climáticas



Mudanças Climáticas



Mudança Climática

Fatores de Impacto

| Gás | Abundância (2016) | Taxa de aumento | Tempo de Residência | Prognóstico (100 anos) |
|------------------|----------------------|--------------------|------------------------|------------------------------------|
| | (ppm) | (%) | (anos) | kg CO ₂ eq./kg subs. |
| CO ₂ | 403 | 0,4 | 50 - 200 | 1.0 |
| CH ₄ | 1.82 | 0,5 | 12 | 31 |
| N ₂ O | 0.327 | 0,3 | 120 | 265 |
| CFC-11 | 0.00027 | 0 | 50 | 4660 |
| Halon 1301 | 0.000005 | 7,0 | 65 | 6290 |
| HCFC-22 | 0.00025 | 5,0 | 12 | 1760 |
| HFC-134a | 0.000090 | n/d | 15 | 1300 |

Fonte: IPCC 2013: <http://www.ipcc.ch/contact/contact.htm>

Formação de foto-oxidantes

Fenômeno

Formação de ozônio na camada mais baixa da atmosfera (troposfera), devida a reações foto-catalisadas ocorridas entre poluentes primários (hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, radicais hidroxila) e O₂

Conseqüências

- Sobre a saúde humana: insuficiência respiratória, enfisema pulmonar
- Sobre o meio ambiente: degradação da vegetação

Agentes

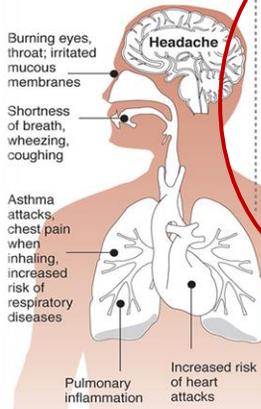
São precursores desse impacto os C_xH_y, NO_x, OH· (este, na forma de componente derivado)

Efeitos sobre a saúde

Why smog is harmful

Ozone, the main ingredient in smog, is one of the most widespread air pollutants and among the most dangerous.

Effects on health



How ozone forms

- 1 Oxygen in the atmosphere O2
- 2 Nitric oxide, byproduct of combustion NO
- 3 Sunlight breaks up nitric oxide N O
- 4 Ozone formed by three oxygen atoms O3

U.S. ozone limits

In parts per billion

| | |
|--------------------|--------------|
| • 1997-2008 | 84 |
| • 2008-present | 75 |
| • New EPA proposal | 60-70 |

© 2010 MCT
Source: American Lung Association, State of the Air 2008
AP Graphic: Staff

Efeitos sobre a saúde

Effects of Vehicle Emissions

- Headaches**
- Aggravates Asthma and Allergies**
- Lung Disease**
- Impaired Learning**

Vehicle Emissions

- Carbon Monoxide**
- Nitrogen Oxides**
- Particulate Matter**
- Ground Level Ozone**

Children are especially vulnerable to the effects of vehicle emissions because their lungs and airways are immature. Also, their breathing zone is lower than adults so they are more exposed to vehicle exhausts and heavier pollutants that concentrate at lower levels in the air.

Vehicle exhaust emits chemicals that have harmful effects. Carbon monoxide diminishes the blood's ability to carry oxygen to the body. Nitrogen oxides irritate upper air passages and the lungs. Other exhaust toxins such as benzene are classified as probable or definite carcinogens.

Sobre os precursores de foto-oxidantes

Como já havíamos mencionado os precursores de foto oxidantes são:

- óxidos de nitrogênio: NO_x
- hidrocarbonetos: C_xH_y



Tanto NO_x como C_xH_y são emitidos graças a combustão incompleta ocorrida em motores e em sistemas industriais em geração de energia

Outro “ingrediente” vital para reação é a luz solar, que eleva a concentração dos radicais livres que participam do processo

Sobre os precursores de foto-oxidantes

Os VOCs originam-se principalmente de atividades de transporte, bem como processos industriais diversos de transformação



Além das fontes acima mencionadas, os NO_x decorrem também da combustão em fontes móveis, além da produção de energia por termelétricas

Como uma cidade fica sujeita aos foto-oxidantes?

1. Elevada geração de NO_x , C_xH_y e outros VOCs no ar decorrente do tráfego de veículos
2. Temperaturas moderadamente elevadas e abundancia de luz solar
3. Pequena movimentação de massa de ar, de forma a não haver diluição dos reagentes



Quem sofre com os foto-oxidantes? O que fazer para reduzi-lo?

- São candidatas naturais a essa condição Los Angeles, Denver, Roma, Atenas, Tóquio, México DF e São Paulo
- 1ª observação do SMOG: Los Angeles (1940)
- México DF: ar contaminado com material particulado, NO_x , O_3 e massa fecal em suspensão



Alternativas e Soluções

Redução do número de veículos nos centros urbanos:
RODÍZIO MUNICIPAL

Padrões de Controle – Organização Mundial da Saúde (OMS)

| Patamar | Valor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Comentário |
|----------------------|------------------------------------|---|
| Valor Guia | 120 | Valor de $[\text{O}_3]$ que a OMS recomenda não seja ultrapassado, em média durante 8h seguidas e acima do qual é possível observar os efeitos sobre a saúde |
| Limiar de Informação | 180 | Se a $[\text{O}_3]$ ultrapassa este valor durante mais de 1h em pelo menos uma estação de medida do país, desencadeia-se procedimento de informação do público |
| Limiar de Alerta | 240 | Excedido este valor durante mais de 1h em qual estação de medida desencadeia procedimento de alerta comportando a comunicação de informações à população. |

Padrões Nacionais de Qualidade do Ar: CONAMA nº 03/90

Padrões nacionais de qualidade do ar
(Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90)

| Poluente | Tempo de Amostragem | Padrão Primário $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Padrão Secundário $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Método de Medição |
|--------------------------------|---|--|--|-------------------------------|
| partículas totais em suspensão | 24 horas ¹ MGA ² | 240 | 150 | amostrador de grandes volumes |
| | | 80 | 60 | |
| partículas inaláveis | 24 horas ¹ MAA ³ | 150 | 150 | separação inercial/filtração |
| | | 50 | 50 | |
| fumaça | 24 horas ¹ MAA ³ | 150 | 100 | refletância |
| | | 60 | 40 | |
| dióxido de enxofre | 24 horas ¹ MAA ³ | 365 | 100 | pararosanilina |
| | | 80 | 40 | |
| dióxido de nitrogênio | 1 hora ¹ MAA ³ | 320 | 190 | quimiluminescência |
| | | 100 | 100 | |
| monóxido de carbono | 1 hora ¹ | 40.000 | 40.000 | infravermelho não dispersivo |
| | | 35 ppm | 35 ppm | |
| | 8 horas ¹ | 10.000 | 10.000 | |
| | | 9 ppm | 9 ppm | |
| ozônio | 1 hora ¹ | 160 | 160 | quimiluminescência |

1 - Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. 2 - Média geométrica anual. 3 - Média aritmética anual.

Critérios para Episódios Agudos de Poluição do Ar: CONAMA nº 03/90

Critérios para episódios agudos de poluição do ar
(Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/90)

| Parâmetros | Atenção | Alerta | Emergência |
|---|---------|---------|------------|
| partículas totais em suspensão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h | 375 | 625 | 875 |
| partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h | 250 | 420 | 500 |
| fumaça ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h | 250 | 420 | 500 |
| dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h | 800 | 1.600 | 2.100 |
| SO ₂ X PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h | 65.000 | 261.000 | 393.000 |
| dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h | 1.130 | 2.260 | 3.000 |
| monóxido de carbono (ppm) - 8h | 15 | 30 | 40 |
| ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h | 400* | 800 | 1.000 |

* O nível de atenção é declarado pela CETESB com base na Legislação Estadual que é mais restritiva ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Índices de Qualidade do Ar - CETESB

| Qualidade | Índice | MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | CO (ppm) | NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|------------|-----------|--|--|-------------|---|---|
| Boa | 0 - 50 | 0 - 50 | 0 - 80 | 0 - 4,5 | 0 - 100 | 0 - 80 |
| Regular | 51 - 100 | 50 - 150 | 80 - 160 | 4,5 - 9 | 100 - 320 | 80 - 365 |
| Inadequada | 101 - 199 | 150 - 250 | 160 - 200 | 9 - 15 | 320 - 1130 | 365 - 800 |
| Má | 200 - 299 | 250 - 420 | 200 - 800 | 15 - 30 | 1130 - 2260 | 800 - 1600 |
| Péssima | >299 | >420 | >800 | >30 | >2260 | >1600 |

| Qualidade | Índice | Significado |
|------------|-----------|---|
| Boa | 0 - 50 | Praticamente não há riscos à saúde. |
| Regular | 51 - 100 | Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada. |
| Inadequada | 101 - 199 | Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar efeitos mais sérios na saúde. |
| Má | 200 - 299 | Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas). |
| Péssima | >299 | Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis. |

Formação de foto oxidantes

Como se explica quimicamente o fenômeno?

The diagram shows a chemical reaction where VOCs, NO_x, and O₂ react under solar light to form O₃, HNO₃, and other organic compounds. The background features a blurred image of a factory with smokestacks emitting pollutants.

- Os VOCs e os NO_x (poluentes primários) se combinam com O₂ presente no ar sob a ação de luz solar.
- Dessa transformação decorre a formação de uma mistura de compostos (poluentes secundários) na qual estão presentes O₃, HNO₃, bem como outros compostos orgânicos

$$\text{VOCs} + \text{NO}_x + \text{O}_2 + \text{luz solar} \longrightarrow \text{O}_3, \text{HNO}_3 \text{ e outros compostos orgânicos}$$

Formação de foto oxidantes

Como se explica quimicamente o fenômeno?

- A formação do SMOG fotoquímico é um processo complexo.
- Para entender melhor tal processo, tome-se como exemplo um de seus principais grupos de agentes formadores, os VOCs
- Nesse universo, vamos selecionar um C_xH_y que disponha de dupla ligação, que será o SÍTIO REATIVO para adição de outros compostos
- Considerando-se tais premissas, tal “composto genérico” poderia ser do tipo R'C₂H₂R''

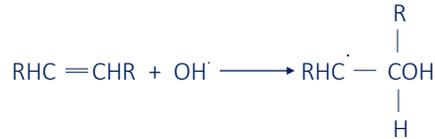


Formação de foto oxidantes

Como se explica quimicamente o fenômeno?

Etapa 1: Adição de radicais hidroxila (OH[·]) á dupla ligação

- Os radicais OH[·] presentes na atmosfera se combinam ao VOC genérico com grande rapidez.
- A elevada velocidade da presente reação se deve principalmente á baixa ENERGIA DE ATIVAÇÃO da mesma
- A adição do radical hidroxila leva á ruptura da dupla ligação

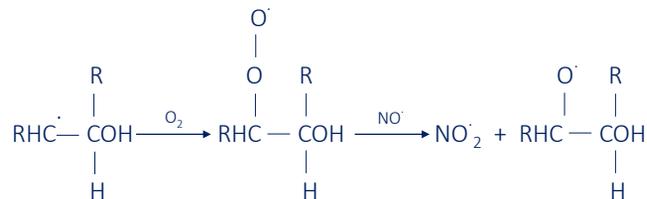


Formação de foto oxidantes

Como se explica quimicamente o fenômeno?

Etapa 2: Oxidação do óxido nítrico (NO[·]) a dióxido de nitrogênio (NO₂[·])

- Dados os princípios de reação para ar puro, ocorre a adição de O₂ junto ao radical livre na molécula, do que decorre a geração de RADICAIS PERÓXIDO
- O radical peróxido, promove a oxidação do óxido nítrico (NO[·]) para dióxido de nitrogênio (NO₂[·])

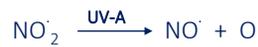


Formação de foto oxidantes

Como se explica quimicamente o fenômeno?

Etapa 3: Formação do ozônio fotoquímico (O₃)

- No momento em que uma quantidade apreciável de NO[•] tenha se oxidado a NO₂ este último sofre DECOMPOSIÇÃO FOTOQUÍMICA do que se originam NO[•] e oxigênio atômico



- O oxigênio atômico acaba então por se combinar com O₂ do ar para formar ozônio (O₃)



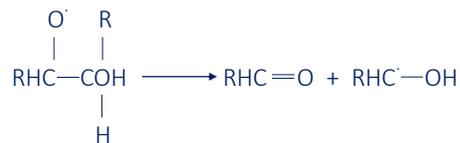
IMPORTANTE: NO₂ é a única fonte significativa de oxigênio a partir da qual O₃ pode ser formado

Formação de foto oxidantes

Como se explica quimicamente o fenômeno?

Etapa 4: Formação de aldeídos (RHC=O)

- Os radicais carbonados se decompõem por CLIVAGEM da ligação que os une, formando um ALDEÍDO além de um radical RHC[•]OH



- Logo após ser formado, o radical RHC[•]OH reagem com uma molécula de oxigênio gerando uma quantidade adicional de aldeído



Formação de foto oxidantes

Como se explica quimicamente o fenômeno?

Etapa 5: Efeito Autocatalítico

- A ação da luz solar faz com que boa parte dos aldeídos formados desapareçam, via degradação fotoquímica em R^\cdot e HCO^\cdot

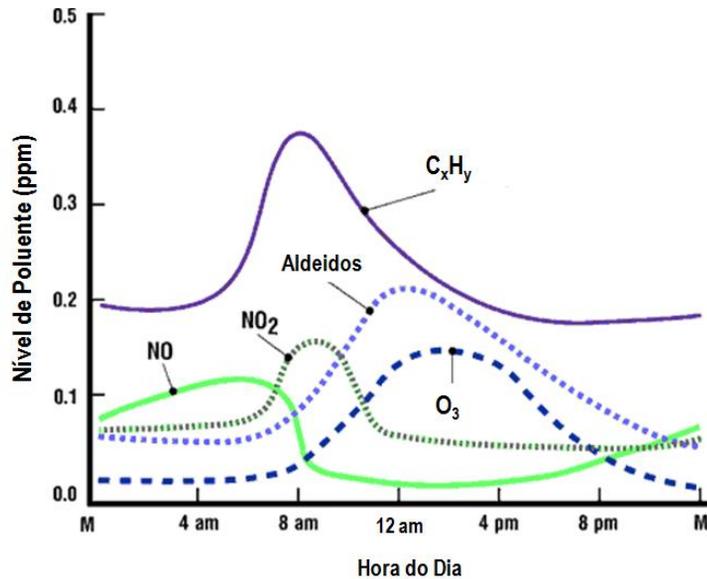


- Os produtos da decomposição dos aldeídos sofrem adição de O_2 , gerando radicais peróxido. Estes últimos, oxidam NO^\cdot a NO_2^\cdot , além de produzir OH^\cdot , o que torna a reação AUTOCATALÍTICA



Formação de foto oxidantes

Em resumo....



Eutrofização

Fenômeno

Aumento desequilibrado do teor elementos nutrientes (nitrogênio e fósforo) em corpos d'água resultando em proliferação anormal de algas

Conseqüências

Degradação da qualidade da água; mortandade de peixes (asfixia); alteração da biodiversidade

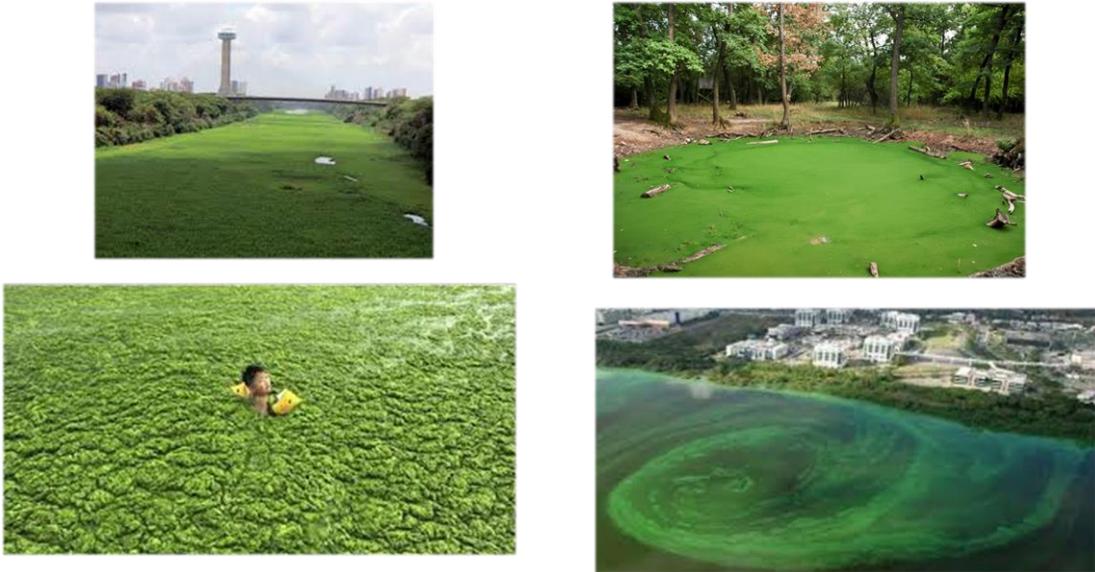
Agentes

Emissões atmosféricas e lançamento de efluentes líquidos contendo compostos a base de nitrogênio e de fósforo

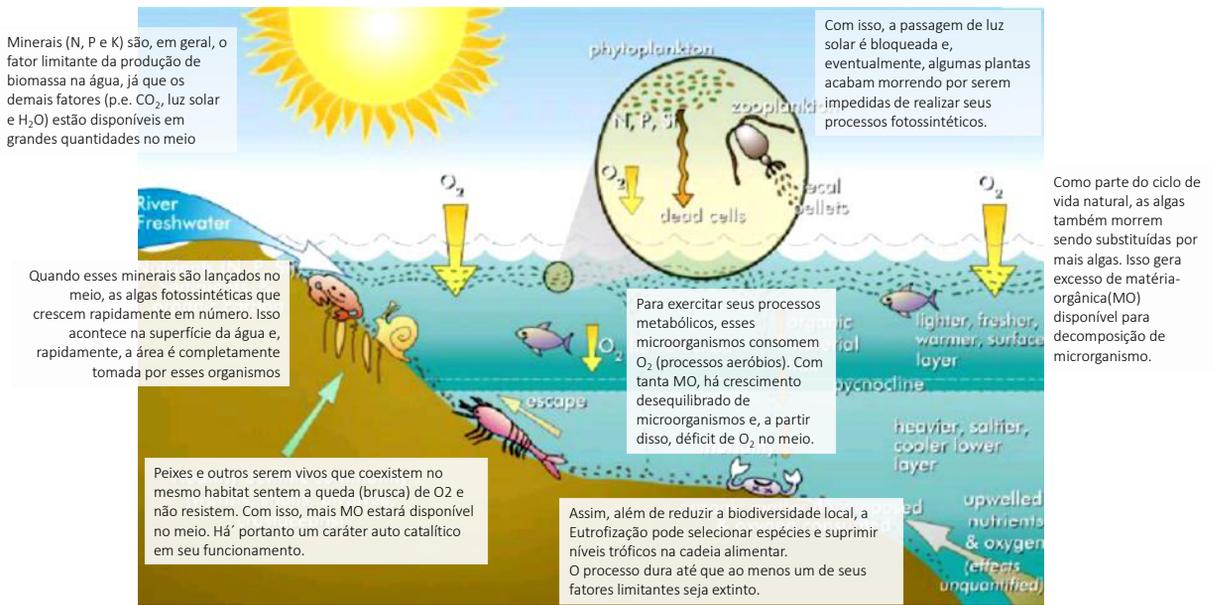
Efeitos da Eutrofização



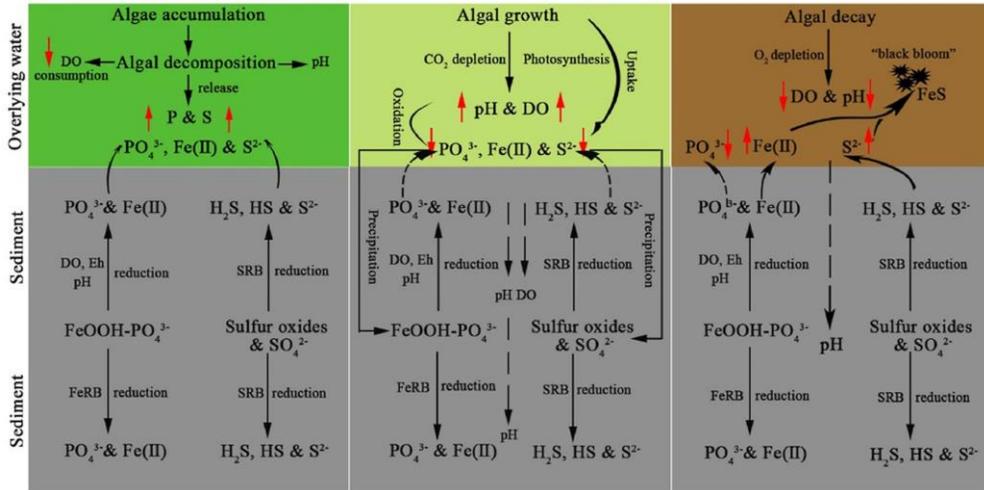
Efeitos da Eutrofização



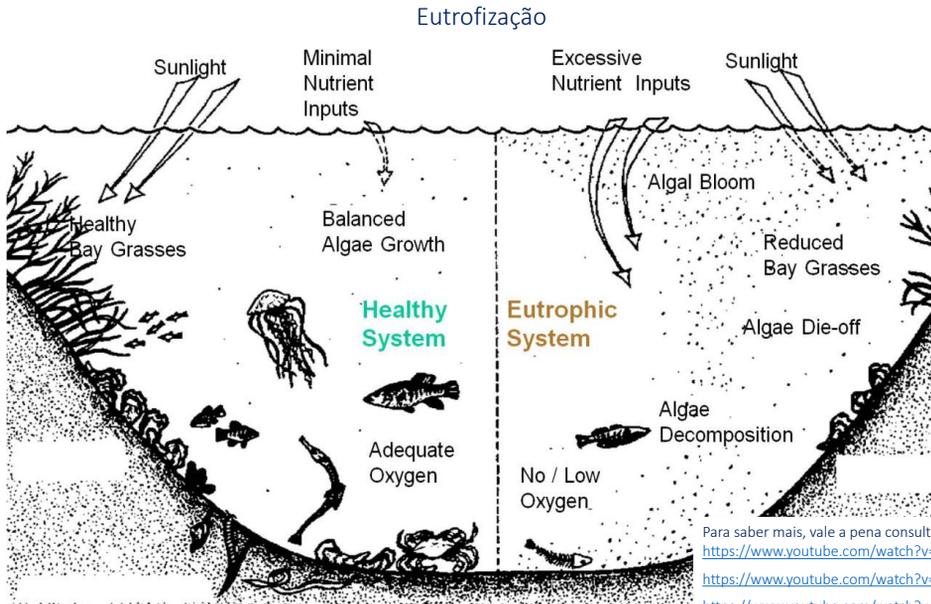
Eutrofização: um pouco de mecanismo...



Eutrofização: um pouco de mecanismo...



Cui et al., (2021) (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127175>)



Toxicidade Humana

Fenômeno

Descarte de agentes tóxicos no meio ambiente

Conseqüências

Efeitos diversos sobre os seres humanos

Agentes

Benzeno, cádmio, chumbo, mercúrio, etc.

Ecotoxicidade

Fenômeno

Descarte de agentes tóxicos no meio ambiente

- Toxicidade aquática (Água Fresca e Marinha)
- Toxicidade terrestre

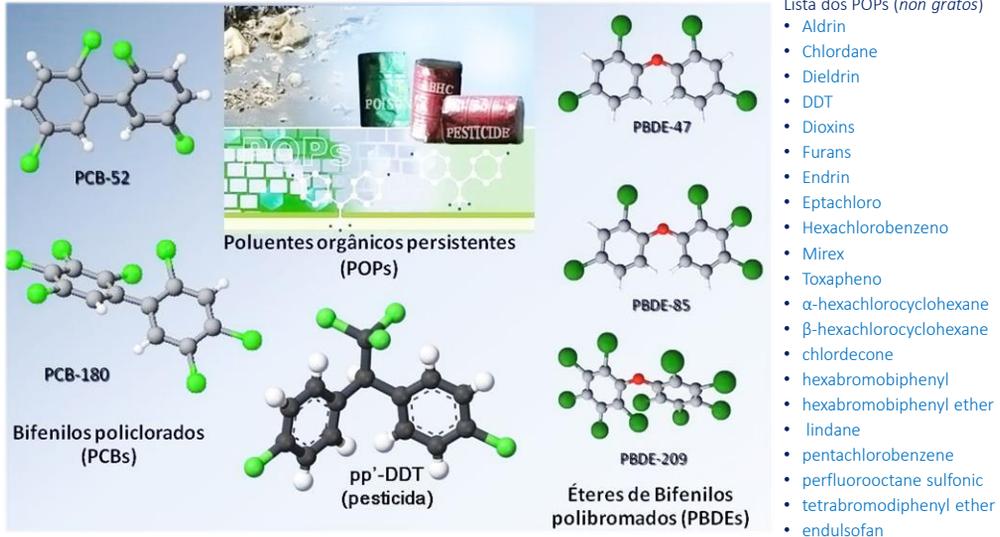
Conseqüências

Danos diversos aos ecossistemas (fauna e flora).

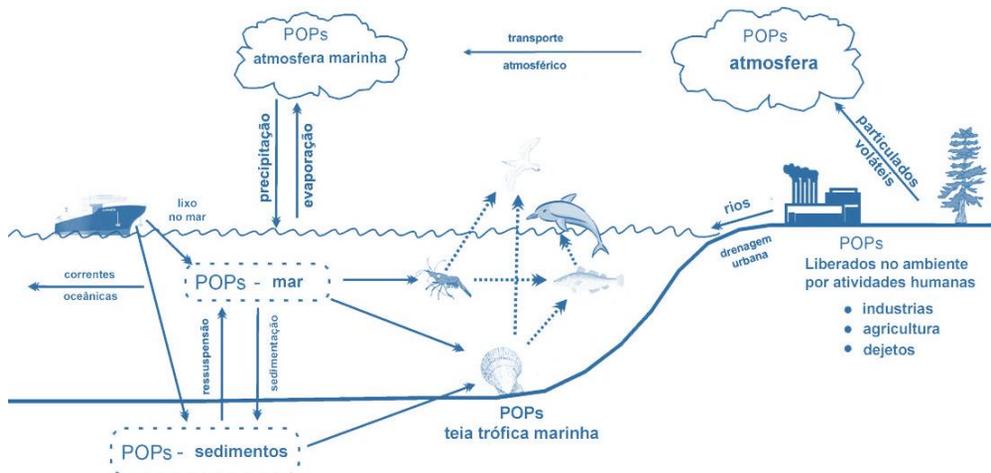
Agentes

- Metais pesados (Hg, Cd, Pb, As), orgânicos (C₆H₆, fenol, C-H cadeia longa, ≠ grupos funcionais)
 - Defensivos agrícolas
 - Fármacos (antibióticos, hormônios e disruptores endócrinos, etc.)
 - Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs)
-
-

Ecotoxicidade



Ecotoxicidade



Uso do Solo

Fenômeno

Interação entre o homem e o meio ambiente que consiste das transformação e ocupação do solo natural

O conceito de transformação do solo se dá por meio de interações antrópicas que modificam o solo desde seu estado original para (ou até) um estado desejado. A isso se segue a ocupação do solo

Consequências

Efeitos diversos sobre os solo tais como erosão, assoreamento, desertificação, entre outros

Agentes

Cidades, núcleos industriais, empreendimentos agrícolas e de pecuária, florestas 2^{arias}, etc.

Uso do Solo Agrícola

Se encaixam nesta classe práticas de:

- Monocultura
- Policultura: cultivo de várias espécies na mesma área ou campo, seja de modo simultâneo, seja em sequência
- Rotação de cultivos: alternância (anual?) de espécies vegetais numa mesma área agrícola
- Cultivos intercalares: cultivar duas plantas diferentes ao mesmo tempo, e no mesmo campo
- Agricultura de subsistência
- Agricultura extrativista
- Pecuária: bovina, suína, caprina, ovina, bufalina, avicultura, aquicultura, entre outros



Uso do Solo Urbano

suporte e fonte de material para obras civis



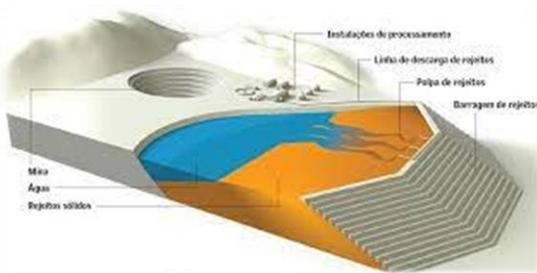
Uso do Solo Urbano

sustento das agriculturas urbanas, suburbanas e de áreas verdes



Uso do Solo Urbano

meio para descarte de rejeitos e drenagem/filtragem de águas pluviais



Floresta 1^{ária} vs. Floresta 2^{ária}

Floresta primária é aquela mata intocada, onde as pessoas ainda não provocaram mudanças em suas características originais.

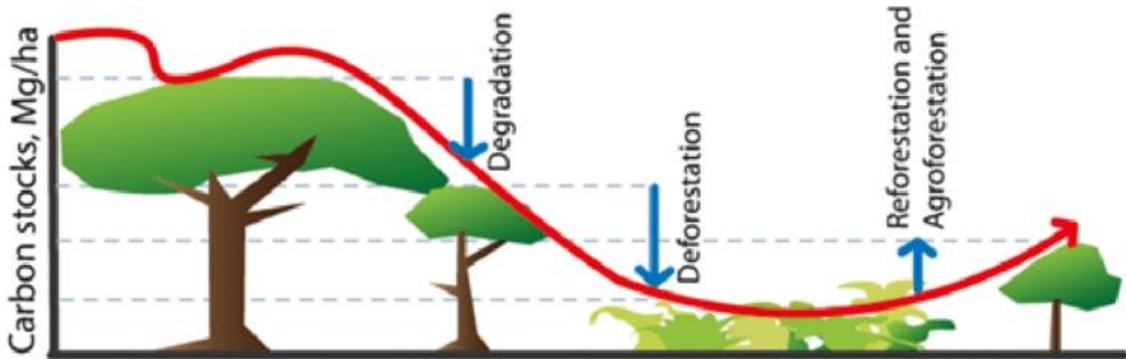
A Mata Atlântica primária caracteriza-se por sua grande diversidade biológica, com grandes árvores, e também diversas plantas como bromélias, orquídeas e cactos

As florestas secundárias são aquelas resultantes de um processo natural de regeneração da vegetação, em áreas onde no passado houve corte raso da floresta primária.

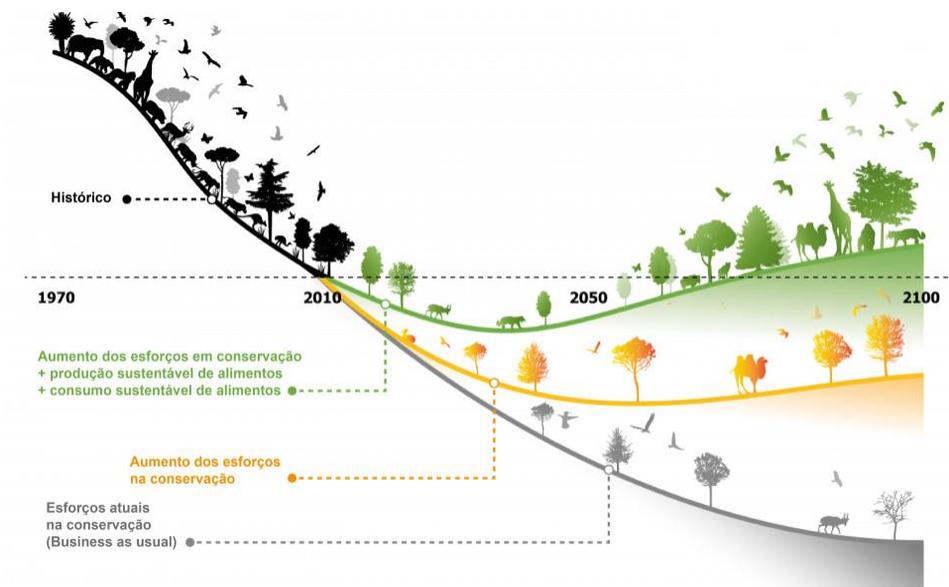
Nesses casos, quase sempre as terras foram temporariamente usadas para agricultura ou pastagem e a floresta ressurgiu espontaneamente após o abandono destas atividades

Também são consideradas secundárias as florestas muito descaracterizadas por exploração madeireira irracional ou por causas naturais, mesmo que nunca tenha havido corte raso e que ainda ocorram árvores remanescentes da vegetação primária.

Curva da Estoque de Carbono nas plantas e no solo



Curva da biodiversidade terrestre



EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO n.6

(Por favor, não se esqueçam de identificar os integrantes do grupo por Nome e NUSP)

PQI 3535 – AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

Exercício n.1

Queremos conhecer um pouco do quanto vocês sabem neste momento sobre Impactos Ambientais. Para isso, optamos por realizar um exercício de comparação entre esses efeitos. Cada grupo de estudantes deverá preencher a Tabela 1 indicada a seguir, colocando a sua percepção coletiva sobre o tema. Trata-se de um exercício subjetivo; portanto, não há um 'resultado' certo, ou errado quanto a importância relativa das categorias ambientais entre si. Por outro lado, é fundamental que haja consenso dentro da equipe.

A lógica a ser usada para o preenchimento da tabela é simples: os impactos que forem considerados como sendo de maior importância, deverão receber pontuação mais elevada em uma escala arbitrária que a equipe defina. | Feito isso, os valores serão somados e vocês deverão, então, normalizá-los para contribuições relativas (ou seja, valores percentuais), dividindo cada parcela pelo 'TOTAL DE PONTOS' obtido.

Exemplo:

Após realizar um breve debate, o grupo atribuiu 80 pontos para Mudanças Climáticas em uma escala cujo limite máximo foi estabelecido em 100 pontos. Ao avaliar a seguir a Acidificação a equipe irá compará-la com a categoria de impacto anterior. Imaginando que neste julgamento, a Acidificação tenha importância menor do que Mudanças Climáticas, a ela poderia, então, ser atribuído (p.e.) um total de 50 pontos.

Supondo que a categoria seguinte fosse Toxicidade Humana, e os avaliadores chegassem ao consenso de que ela é mais importante do que Acidificação, mas, ao mesmo tempo, menos expressiva que Mudanças Climáticas. A partir dessa análise qualitativa, o grupo conclui que seria razoável que Toxicidade Humana recebesse (p.e.) 70 pontos. O procedimento de comparar a categoria de impacto seguinte com aquelas já analisadas, deverá ser aplicado de maneira sucessivamente. Ao longo do processo, é sempre possível corrigir totais de pontos que já haviam sido atribuídos.

Imaginemos agora que a somatória das pontuações atribuídas perfizesse um total de 500 pontos obtidos. Diante desse montante, a contribuição relativa da categoria de impacto de Mudanças Climáticas será:

$$MC = \left(\frac{80}{500} \right) \times 100\% = 16\%$$

Nos casos em que o grupo não tiver conhecimentos suficientes sobre certa categoria para, sequer, confrontar sua magnitude às demais, o impacto deve receber uma indicação do tipo 'Não Classificada' (NC) no campo correspondente à sua pontuação disponível no Quadro Resposta. Esse procedimento deve ser evitado ao extremo, servindo apenas para situações excepcionais, nas quais, a ausência de informação inviabilize completamente a comparação. O impacto classificado com (NC) não poderá ser relativizado, deixando, por isso mesmo, de fazer parte da análise coletiva para a qual esses indicadores servirão mais tarde.

Solução

Tabela 1: Quadro Resposta: Percepção subjetiva quanto a importância das categorias de impacto

| CATEGORIAS DE IMPACTO | Pontuação Absoluta (escala arbitrária) | Pontuação Relativa (valores expressos em %) |
|-----------------------------------|---|--|
| Depleção de Recursos Fósseis | | |
| Depleção de Minerais | | |
| Depleção de Água | | |
| Mudanças Climáticas | | |
| Depleção de Ozônio Estratosférico | | |
| Formação de Ozônio Troposférico | | |
| Acidificação | | |
| Toxicidade Humana | | |
| Ecotoxicidade Aquática | | |
| Ecotoxicidade Terrestre | | |
| Uso do Solo | | |
| Transformação do Solo | | |
| Biodiversidade | | |
| Total de Pontos | | 100% |