



Modelo de Análise de Vulnerabilidade Climática

Aplicação em Empresas de Saneamento

São Paulo, Julho de 2014

Henrique Pereira, MSc | Diretor de Novos Negócios

hpereira@waycarbon.com | 031 3401 1074

www.waycarbon.com

- Contexto: Mudanças Climáticas e o Saneamento
- Modelo de Avaliação de Vulnerabilidade Climática
- Caso: Cidades Emergentes e Sustentáveis

A ciência climática não é uma previsão de tempo de longo prazo

O objetivo das projeções climáticas é entender as tendências presentes nas alterações estatísticas sobre o clima. Os resultados são expressos em probabilidade de ocorrência devido a alta variabilidade das observações do que chamamos de clima (*weather*)

Riscos específicos e o período de avaliação são importante

Existe uma desconexão entre tendências de curto e longo prazo o que reflete discrepâncias entre a ciência climática e alardes comumente vistos na mídia ou tidos como verdade. Eventos extremos podem se ocasionar de situações físicas específicas (ex. El Niño) e não necessariamente estão relacionados à mudança do clima. Ainda, mudanças contínuas com alta variabilidade geográfica demonstram-se estatisticamente mais robustos

A Mudança do Clima é uma realidade

Abundam as evidências científicas sobre os fundamentos das mudanças do clima. Mas, melhor que centenas de páginas do IPCC ou de um livro de química atmosférica, gosto da explicação dada pelo Prof. Goldemberg durante uma conversa informal: *“É impossível um sistema receber mais e mais energia e não se alterar”*

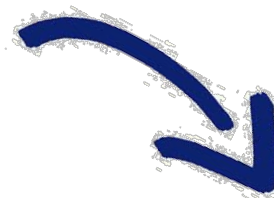
- IPCC AR5 reforça papel antrópico para o aquecimento global e aumenta urgência para ações de adaptação,
- Novo paradigma de Política Pública: dos planos de mitigação para planos de adaptação,
- Segurança Hídrica: nexus água-energia-mudanças climáticas,
- The New Climate Change Economics: Stern atualiza preço do carbono entre \$32 (low impact, 11% redução) ~ 103 (high impact, 33% redução) (Dietz e Stern, 2014),

- Mudanças nos padrões da precipitação, disponibilidade e distribuição temporal da vazão; secas e enchentes mais frequentes e intensas; deverá afetar as taxas de recarga de águas subterrâneas (Marengo, 2011) ;
- Variações de tendências em diferentes regiões e bacias hidrográficas brasileiras, considerando as alterações naturais e os possíveis efeitos da mudança do clima;
- A bacia hidrográfica do Paraná deverá apresentar aumento da vazão próximo a 20% até meados do século XXI, no cenário A1B (Marengo, 2013);

- Na bacia do São Francisco observa-se tendência de redução das taxas de precipitação média -1mm/dia, chegando a -3,5mm/dia no verão, com potencial redução de vazão de até 35%, no cenário A1B (Marengo, 2011);
- Risco para as comunidades costeiras pelo aumento do nível do mar, processos erosivos da costa, ocorrência de inundações na zona costeira, e deslizamentos de falésias. Tempestades e seus ventos associados podem ter maiores efeitos negativos nos ecossistemas costeiros e nas estruturas da linha de praia. (RAN)

- Planos para o Setor de Saneamento e Recursos Hídricos tem negligenciado a questão climática (e.x Plano Diretor de RH para a Macrometrópole Paulista);
- Mesmo o RAN (Relatório 2) adotou discurso muito acadêmico focando em macroimpactos e negligenciando aspectos econômicos. Ações de curto prazo focam na capacitação de Recursos Humanos na academia distanciando o Setor Privado;
- Estudo contratado pela SABESP apontam impactos significantes além da disponibilidade hídrica: alteração em parâmetros básicos da água, solubilidade, estratificação térmica de reservatórios e riscos a saúde humana. Pouca discussão e pesquisa em âmbito nacional.

Vulnerabilidade: grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que esta exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos.



Adaptação: Ajuste no sistema homem-natureza com relação às novas condições ambientais (IPCC). Geralmente definida como uma resposta às mudanças climáticas atuais ou esperadas e aos seus efeitos: reativa ou proativa, privada ou pública, autônoma ou planejada.

PNMC (12.187/2009): prevê a adoção de medidas para prever, evitar ou minimizar as causas identificadas da mudança climática no território nacional e promover o desenvolvimento de pesquisas científico-tecnológicas e a difusão de tecnologias, processos e práticas orientados a identificar vulnerabilidades e adotar medidas de adaptação adequadas.



Medidas de adaptação são consideradas de baixo custos em comparação aos potenciais danos futuros (Stern, 2014)

MAS

Ausência de ferramentas e análises *ex-ante* das vulnerabilidades, dos custos dos impactos e das possíveis ações de adaptação

QUE VIABILIZE

Medidas pró-ativas e não reativas



Existem barreiras para a implementação de políticas estruturadas de adaptação:

- Características naturais/físicas dos sistemas que dificultam a adaptação aos extremos climáticos;
- Lobbies setoriais/atividades econômicas (melhorias tecnológicas);
- Prioridades políticas e percepção dos riscos;
- Falta de recursos \$\$\$;
- Hábitos comportamentais e culturais.







MODEL FOR VULNERABILITY EVALUATION



Modelo Teórico

Modelo preditivo dinâmico desenvolvido pela WayCarbon. Vulnerabilidade como resultado da integração dos índices (IPCC, 2007):

- Exposição;
- Sensibilidade e;
- Capacidade de Adaptação.

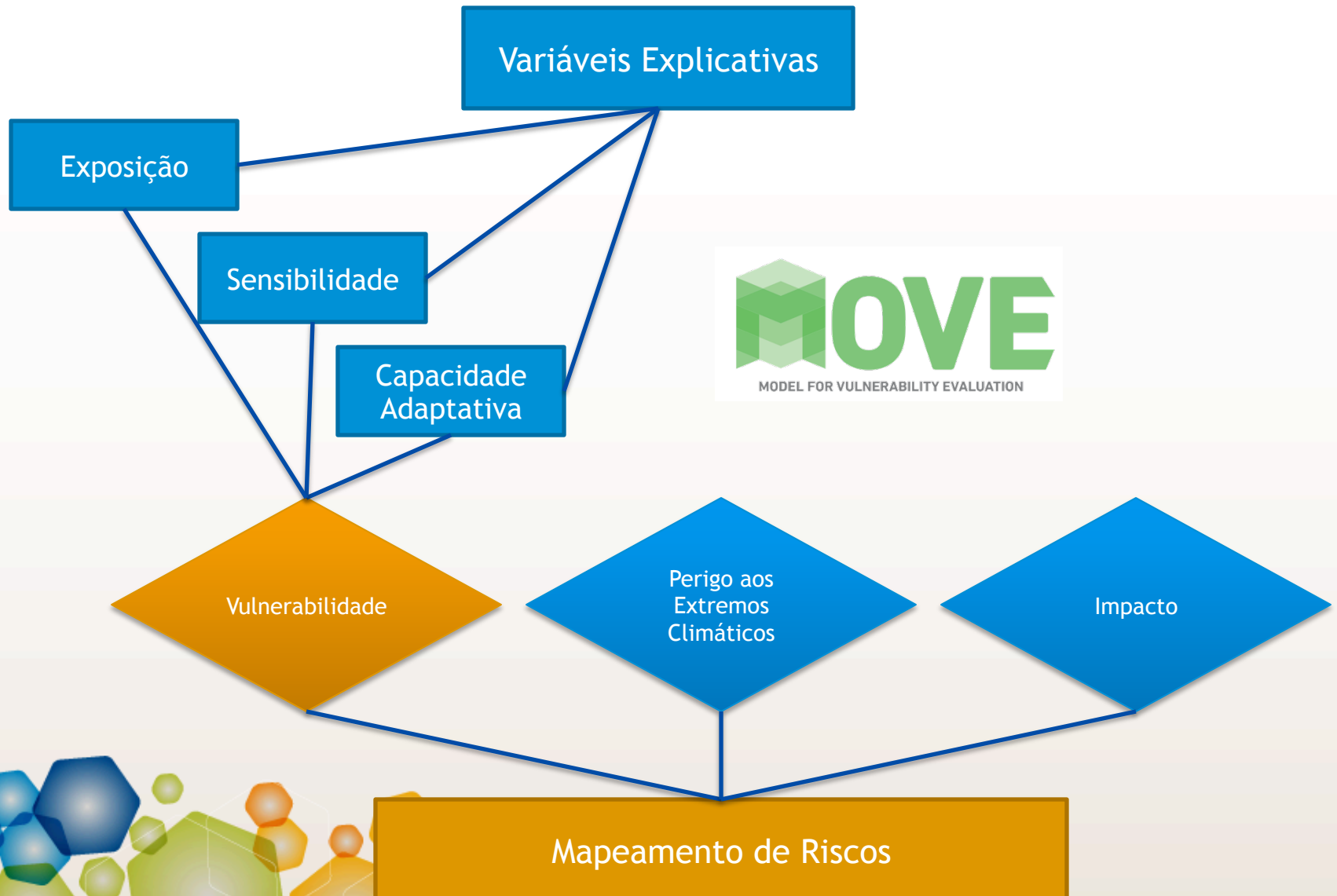
Variáveis Explicativas

O cálculo de cada índice e a escolha das variáveis mais adequadas para caracterizá-los depende dos atributos:

- Socioeconômicos e biogeográficos;
- Físicos, topográficos e de infraestrutura;
- Da disponibilidade de dados de boa qualidade e;
- Dos objetivos e prioridades do usuário final.

Dados climáticos

- Séries históricas de dados meteorológicos (INMET);
- Projeções climáticas 2011-2100 INPE/CPTEC (Eta-CPTEC/HAdCM3);
- Cenários climáticos futuros (SRES A1B);
- Projeção de eventos climáticos extremos (Modelo Regional PRECIS).



Problemática e Objetivos

Dados

Indicadores Compostos (índices)

Decomposição nas variáveis
explicativas

Risco aos extremos climáticos

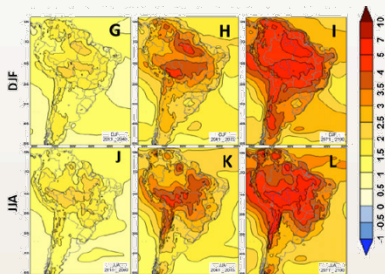
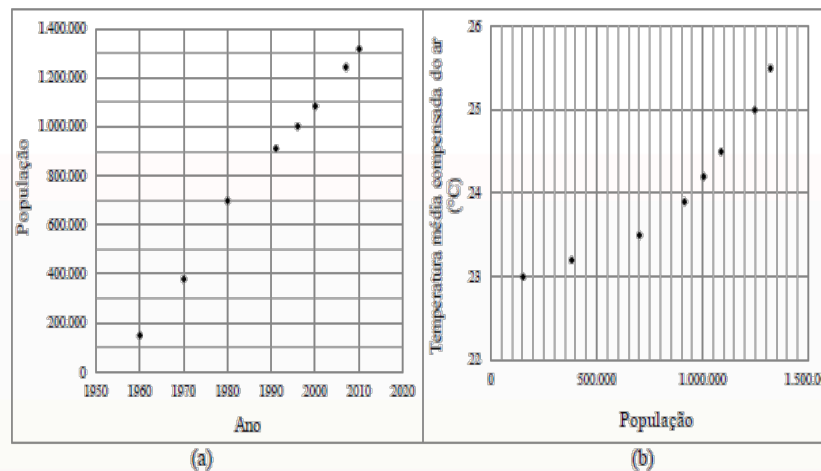
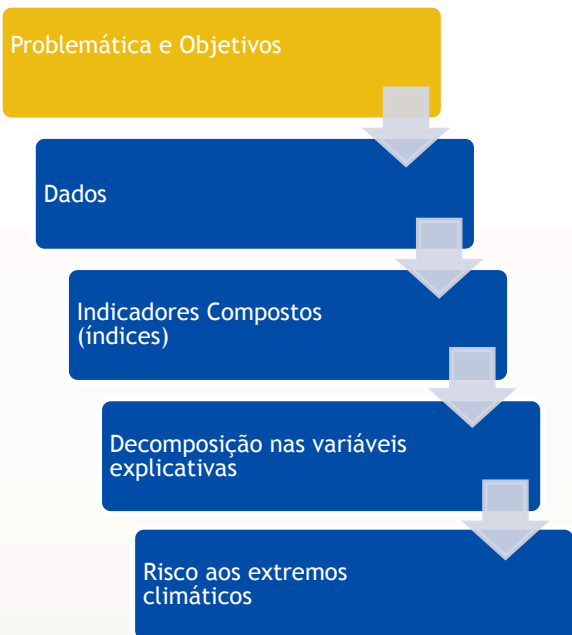
- Financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento;
- Objetivo: Identificar vulnerabilidades no tecido socioeconômico, infraestruturas e administrativo das cidades;
- Avaliar as vulnerabilidade identificadas e definir prioridades de ação em diferentes horizontes temporais;
- Propor medidas para eliminar e/ou reduzir o impacto da mudança do clima de acordo com análises de custo-benefício (CBA - Cost Benefit Analysis)

Ferramenta para tomada de decisões baseada em evidencias



Descrição do sistema Goiânia

População 1.300.000 habitantes (35% GO)



1961-90	T.média(°C)	T.mMax(°C)	Prec.média(m m)	Ev.média(mm)	Def.(mm)
Verão	23,7	29,2	247,5	91,9	155,6
Inverno	21,5	29,6	9,5	172,4	-162,9
Mudança	Bra(2020)	Go(2020)	Bra(2050)	Go(2050)	
T.media (°C)	+1,7	+1,7	+3,2	+3,2	
Prec. Tot (%)	-8,3	-8,7	-13,9	-14,4	

Problemática e Objetivos

Dados

Indicadores Compostos
(índices)

Decomposição nas variáveis
explicativas

Risco aos extremos
climáticos

Indicador simples

- Define o fenômeno estudado de forma eficiente a partir de observações
- Simples de entender
- Quantificação estatística e lógica coerente

Indicador composto (índice)

- Sintetiza conceitos multidimensionais complexos
- Facilidade de interpretação e comunicação

Esquema teórico

- Seleciona os indicadores
- Define a forma de agregação de acordo com os objetivos do estudo

Problemática e Objetivos

Dados

Indicadores Compostos
(índices)

Decomposição nas variáveis
explicativas

Risco aos extremos
climáticos

Define os indicadores escolhidos

Análise multi-disciplinar:

- ✓ Fatores físicos-ambientais
- ✓ Fatores sociais, educacionais e de gênero
- ✓ Fatores econômicos
- ✓ Infraestruturas
- ✓ Projeções climáticas
- ✓ Proxies (aproximações)

☐ Fontes: Censo, AMMA, Corpo dos Bombeiros, Proteção Civil, SEPLAM, SINAN, UFG, IBGE, INPE, INMET, Secretaria de Saúde, Saneago, literatura.

Escala de trabalho

Problemática e Objetivos

Dados

Indicadores Compostos (índices)

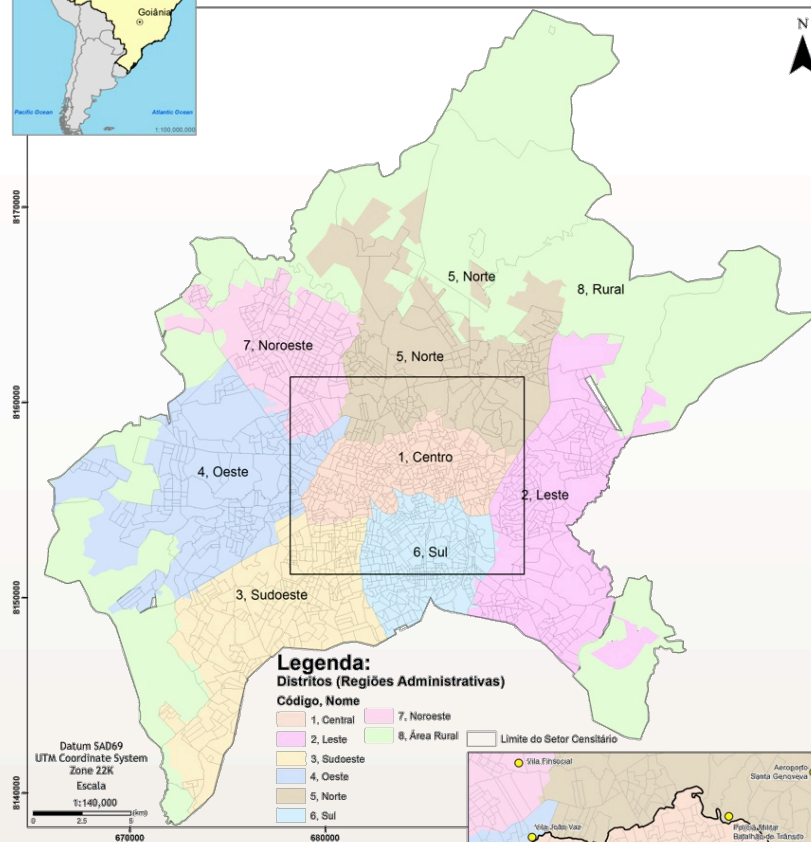
Decomposição nas variáveis
explicativas

Risco aos extremos climáticos

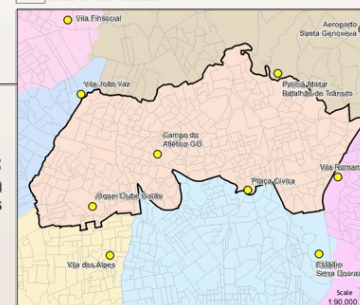
- Extensão: perímetro do Município
- Resolução 1: setor censitário (SC), variabilidade socioeconômica e correlação espacial entre grupos sociais e atributos físicos
- Resolução 2: distrito (D), melhor integração de variáveis ambientais e facilidade de comunicação dos resultados em unidade administrativas



SETOR CENSITÁRIO (2010) E DISTRITOS (REGIÕES ADMINISTRATIVAS) DE GOIÂNIA, BRASIL

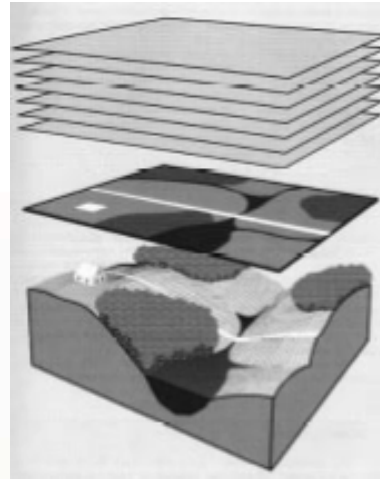


Zoom:
Distrito Central e vizinhança
Setores censitários e referências urbanas

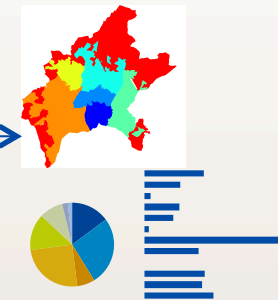
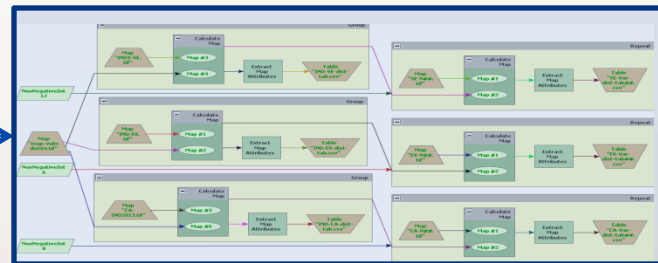


Fonte: WayCarbon - 15 de setembro, 2013

Modelo espacialmente explícito



Dados espaciais
↓
Vulnerabilidade
↓
Tomada de decisão



Modelo espacial



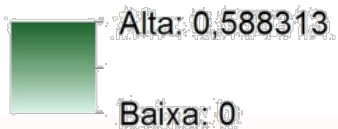
A Exposição passada registra a magnitude e a variabilidade das mudanças climáticas IPCC (2001, 2007).

1. Pontos de Alagamento
2. Pontos de Deslizamentos
3. Erosão
4. Focos de Incêndios
5. Temperatura média (Ilhas de calor)
6. Registro de falta de abastecimento de água

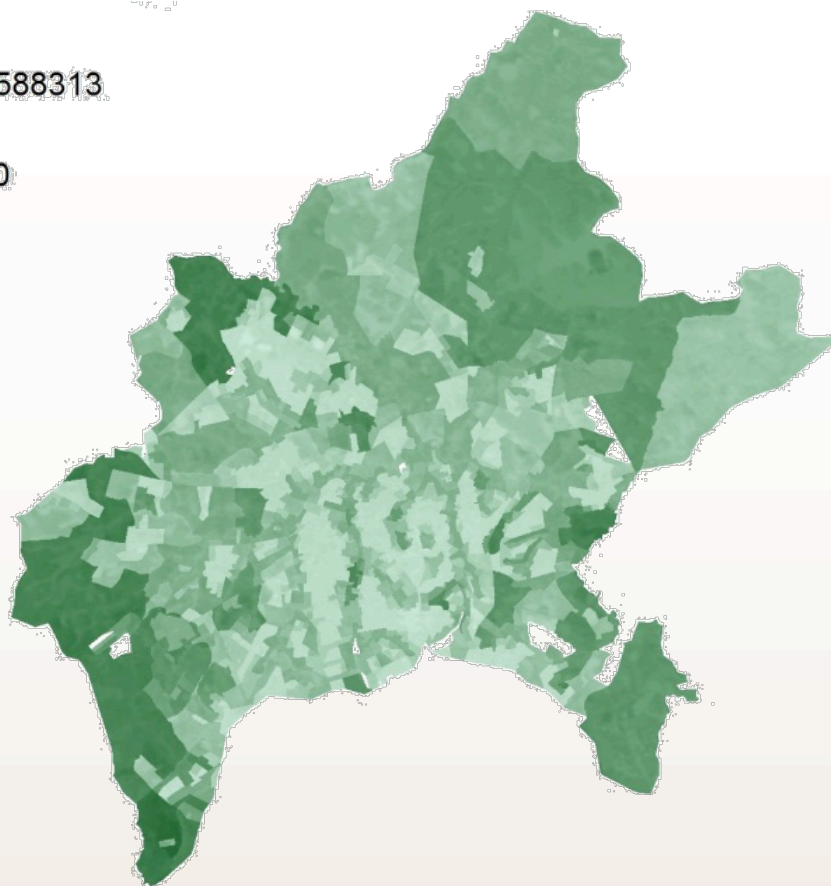
Índice de Exposição passada



Exposição



MOVE
MODEL FOR VULNERABILITY EVALUATION





Nível (grau) em que um sistema é negativamente afetado ou responsivo a um estímulo climático (IPCC 2001, 2007).

1. População Sensível
2. Infraestrutura de abastecimento de água
3. Adequação de domicilio
4. Proximidade a aterro sanitário
5. Morbidade total
6. Mortalidade infantil
7. Probabilidade de Erosão
8. Área de influência hidrografia
9. Expansão urbana e bacias
10. APP / RL / RPPNs
11. Focos de Dengue
12. Bacia crítica de drenagem (proxy)

Índice de sensibilidade

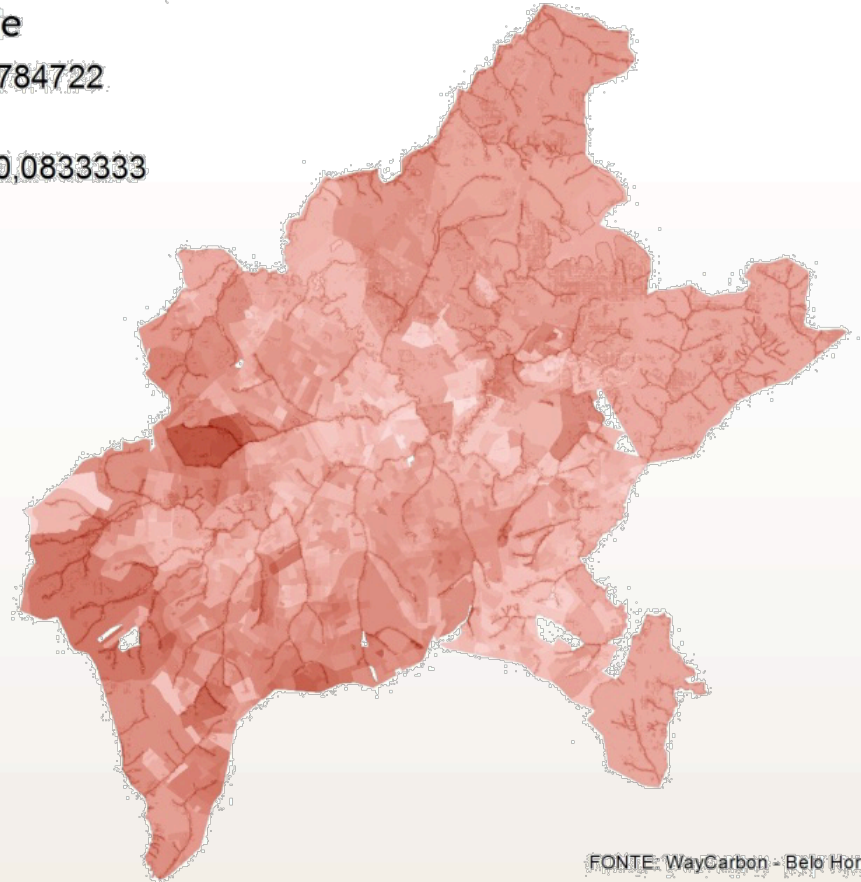


Sensibilidade

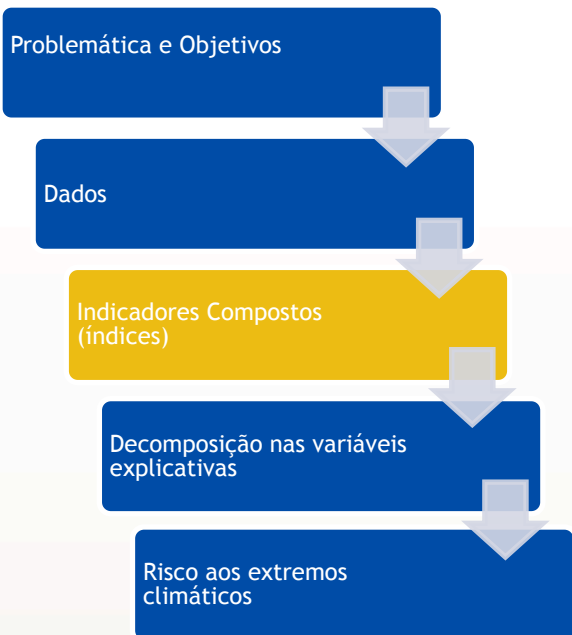


Alta: 0,784722

Baixa: 0,0833333



FONTE: WayCarbon - Belo Horizonte



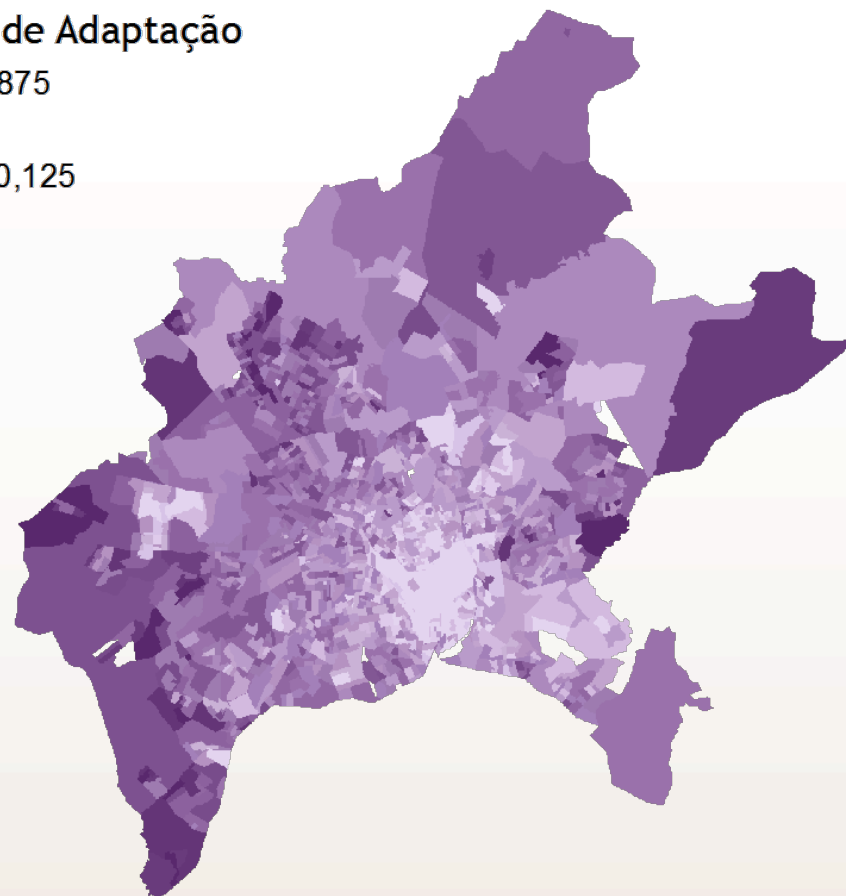
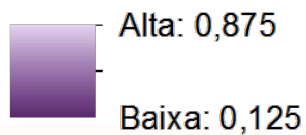
Conjunto de ajustes que um sistema natural ou humano adota para responder aos estímulos das mudanças climáticas atuais ou futuras, mitigando os danos e criando novas oportunidades.

1. Diversificação da renda
2. Desemprego
3. Desemprego por Gênero (H vs. M)
4. Alfabetização
5. População com renda até 1 SM
6. Renda total por gênero (H vs. M)
7. Melhorias de Infraestrutura (e.x. redes drenagem, distribuição de energia, expansão da rede de saneamento, etc)

Índice de Capacidade de Adaptação

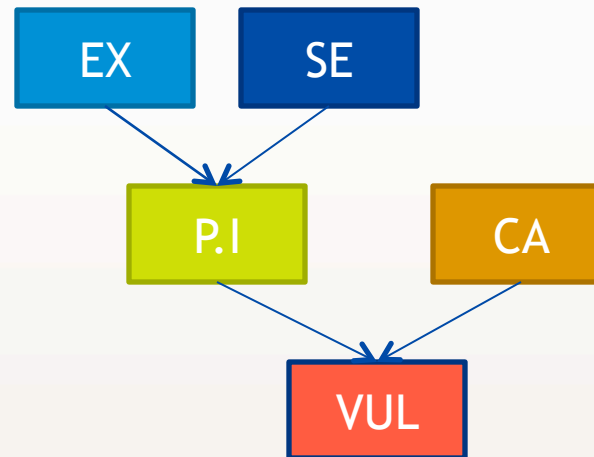


Capacidade de Adaptação



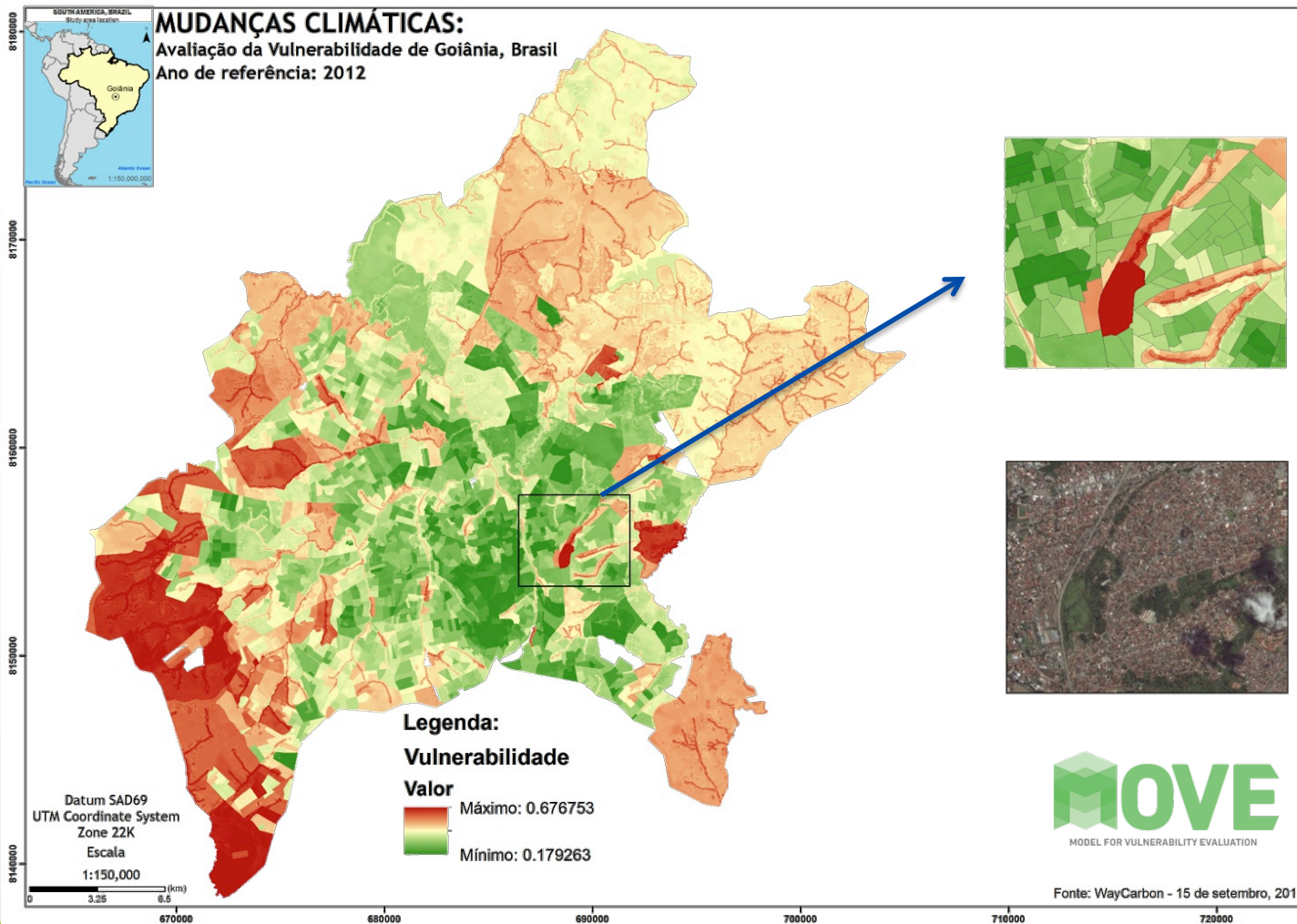


A vulnerabilidade é definida (IPCC, 2012) como a propensão ou predisposição de um sistema de ser afetado negativamente pelas mudanças climáticas.



Áreas que hoje são as mais vulneráveis e expostas, serão, provavelmente as áreas que mais sofrerão com o impacto das mudanças climáticas num futuro próximo (mapeamento *ex-ante*)

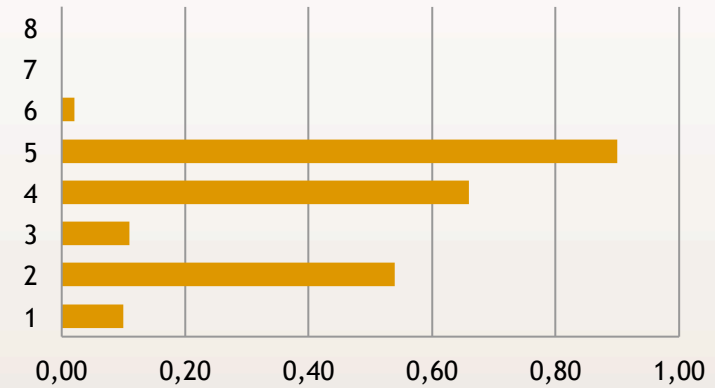
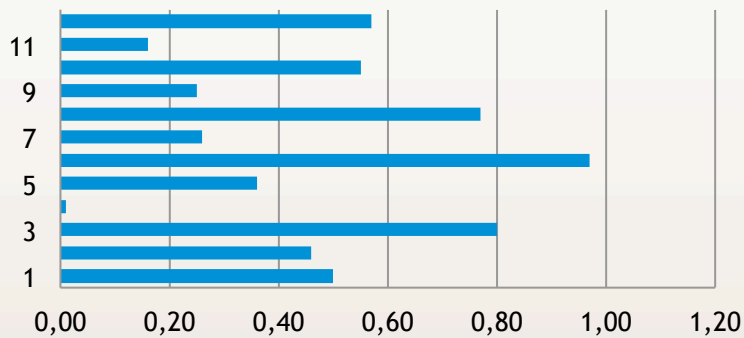
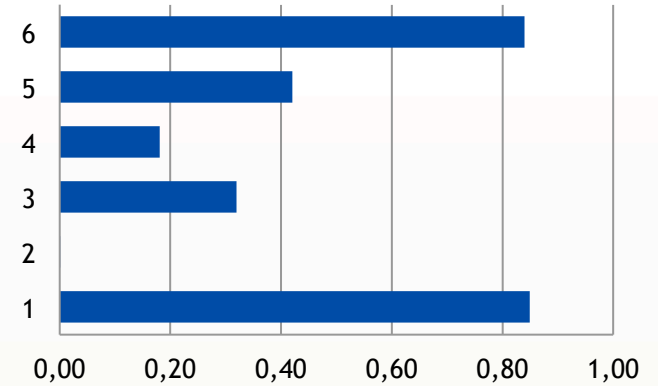
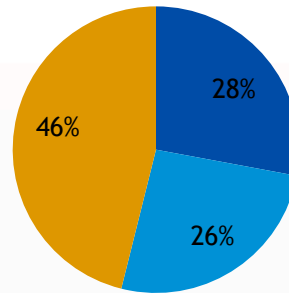
$$V = \frac{1}{3} [EX + SE + (1 - CA)]$$



Decomposição dos Resultados



■ EX ■ SE ■ 1-CA



Vulnerabilidade nos Distritos

Problemática e Objetivos

Dados

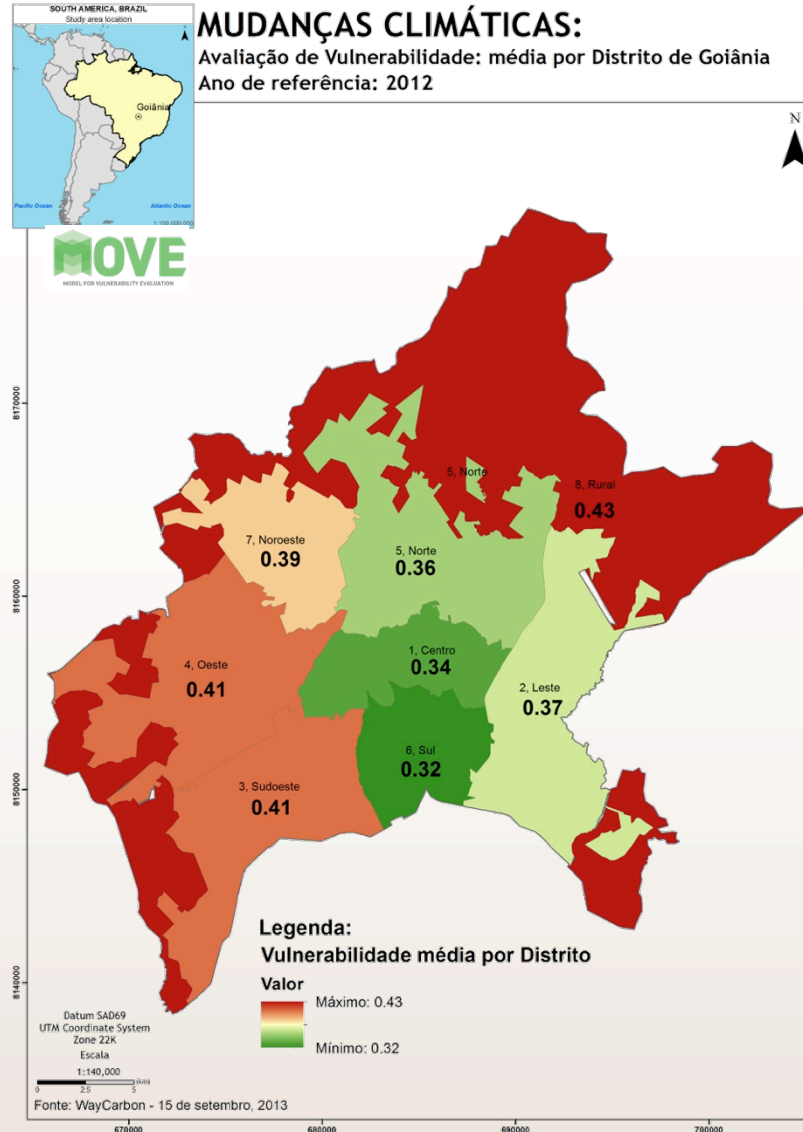
Indicadores Compostos
(índices)

Decomposição nas variáveis
explicativas

Risco aos extremos
climáticos

MUDANÇAS CLIMÁTICAS:

Avaliação de Vulnerabilidade: média por Distrito de Goiânia
Ano de referência: 2012



Decomposição por área avaliada (Distritos)

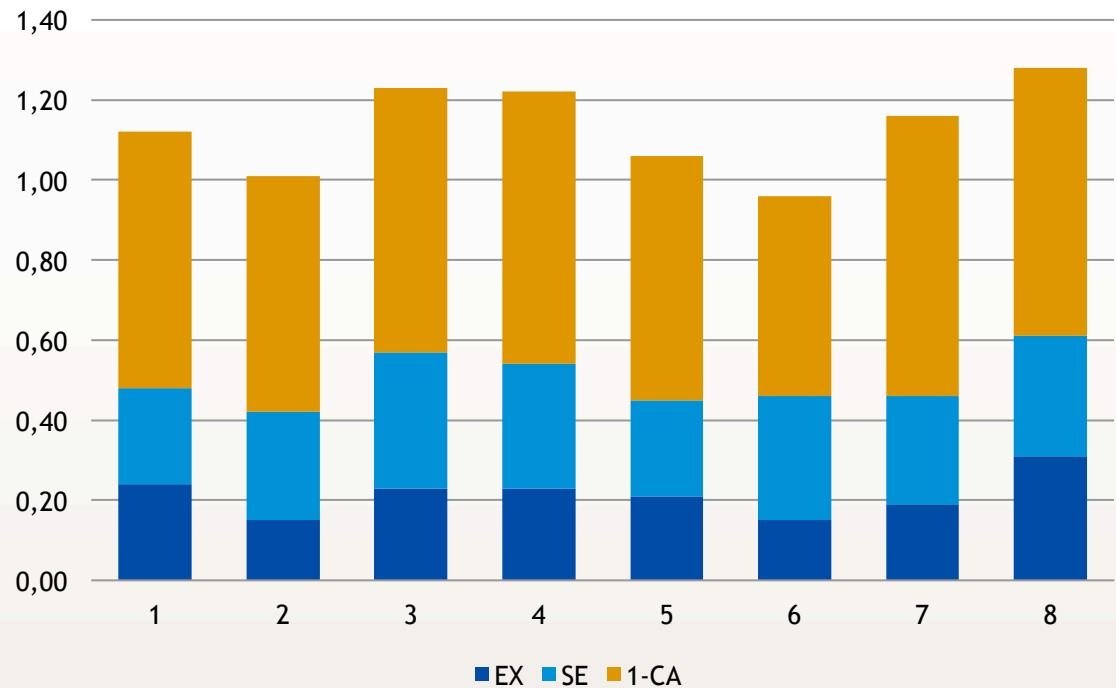
Problemática e Objetivos

Dados

Indicadores Compostos
(índices)

Decomposição nas
variáveis explicativas

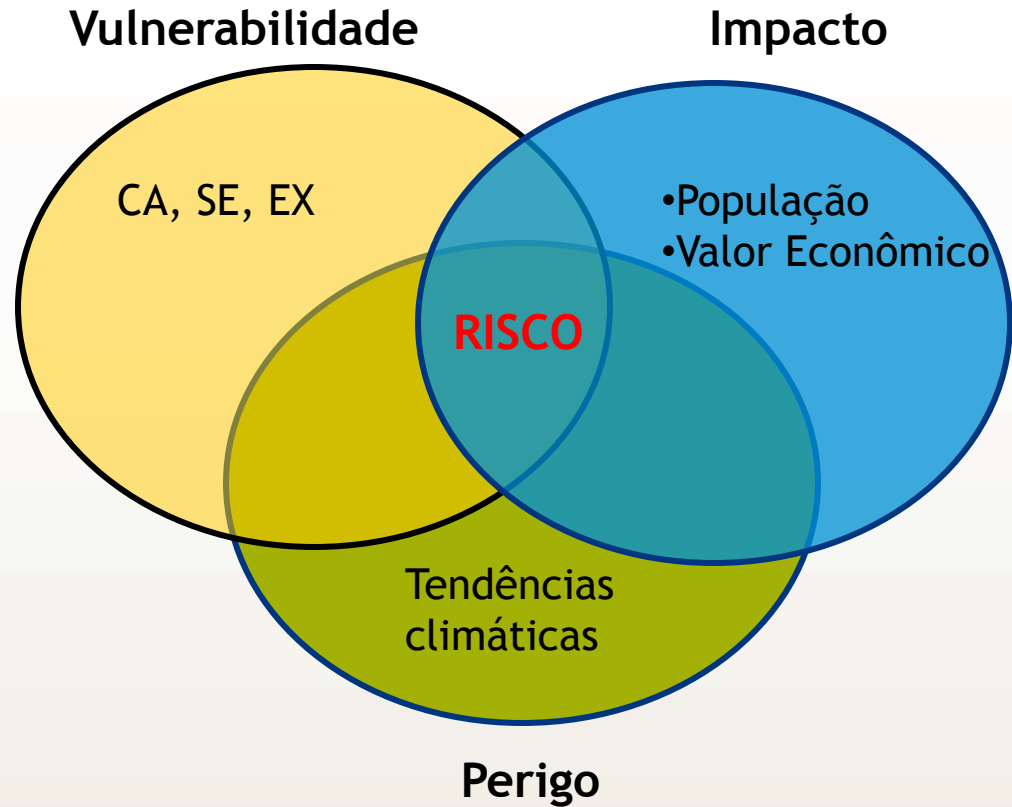
Risco aos extremos
climáticos





O risco de desastre é definido como a probabilidade, ao longo de um intervalo temporal, que severas alterações modifiquem o normal funcionamento de uma sociedade ou comunidade, devido ao impacto de eventos climáticos extremos em regiões vulneráveis (IPCC, 2012)

Consequências adversas podem também resultar de eventos climáticos considerados como não extremos que, de uma forma contínua e persistente, podem afetar negativamente áreas com elevada vulnerabilidade e exposição





Impacto:

1. Densidade populacional
2. Mapa de valor da terra (IPTU)

Perigo:

Tendências climáticas futuras

1. Longas estiagens
2. Aumento das temperaturas médias
3. Redução das precipitações cumulativas anuais
4. Precipitações breves e intensas

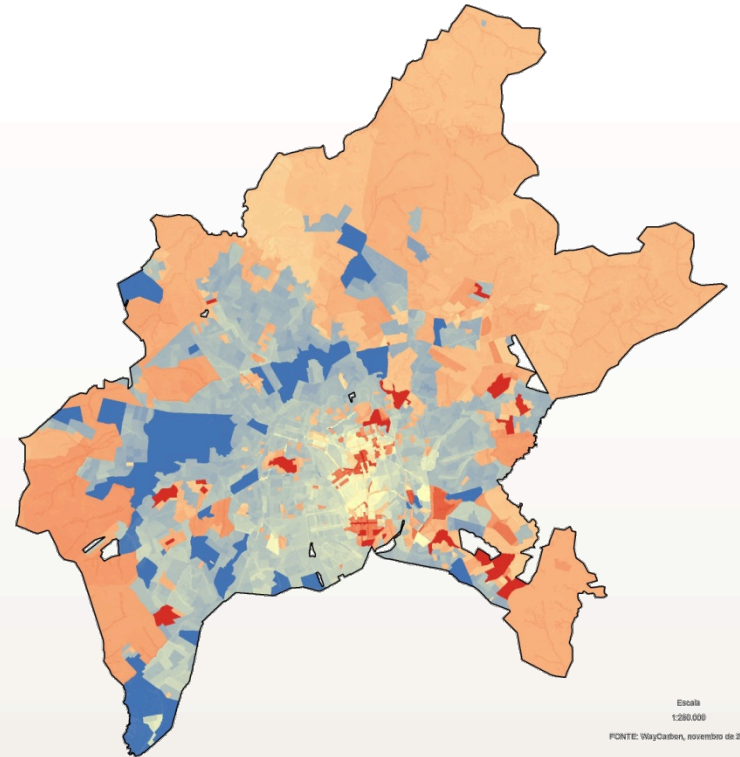
Vulnerabilidade:

1. Indicadores produzidos (MoVE)
2. Calibração e Validação dos modelos espaciais

Risco de Incêndio



LEGENDA:
Risco de Incêndio
Alto
Baixo
Limite municipal



MOVE
MODEL FOR VULNERABILITY EVALUATION

Escala
1:250.000
FONTE: WayCarbon, novembro de 2012

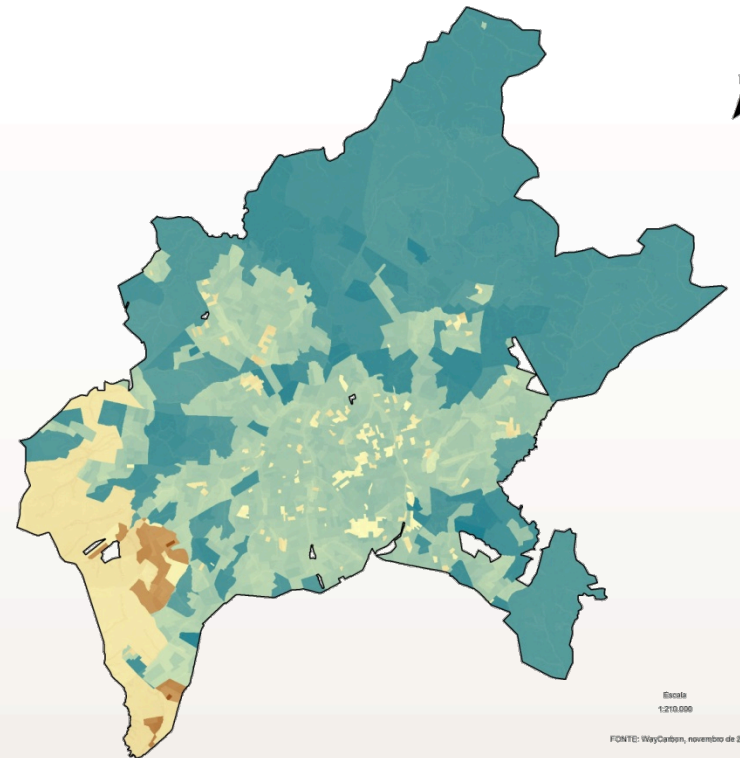
Risco de falta de abastecimento de água



LEGENDA:



Limite municipal



Escala
1:210.000

FONTE: WayCarbon, novembro de 2012

ESTUDO DE VULNERABILIDADE ÀS MUDANÇAS DO CLIMA Município de Goiânia (GO) - Setor Censitário Risco de Alagamento

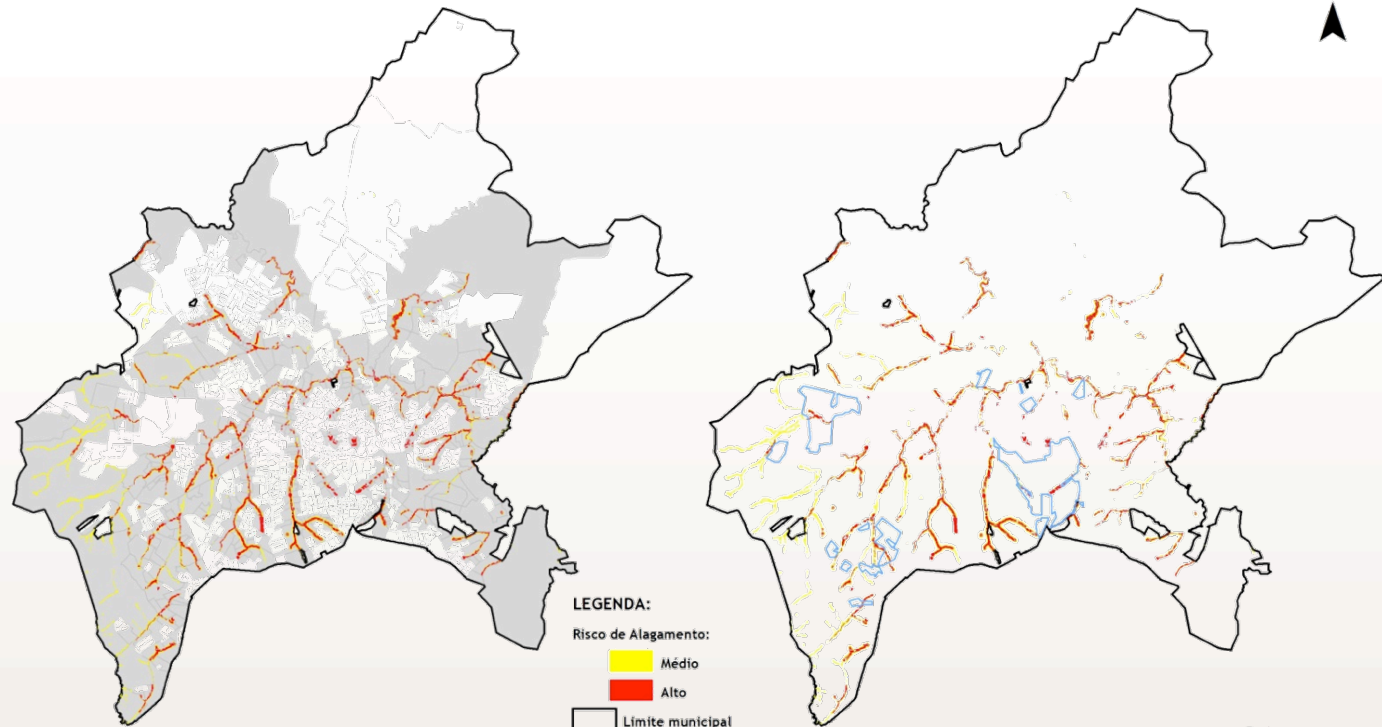
Problemática e
Objetivos

Dados

Indicadores Compostos
(índices)

Decomposição nas
variáveis explicativas

Risco aos extremos
climáticos



LEGENDA:

Risco de Alagamento:

- Médio
- Alto

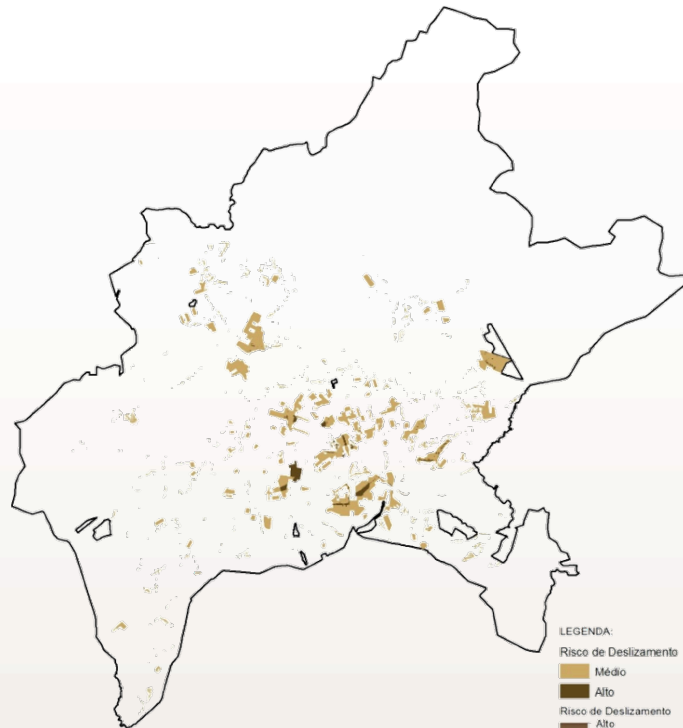
- Límite municipal
- Setor Censitário
- Setor Censitário Afetado
- Região com intervenção

Escala
1:280.000

FONTE: WayCarbon, novembro de 2012



ESTUDO DE VULNERABILIDADE ÀS MUDANÇAS DO CLIMA Município de Goiânia (GO) - Distrito (Região Administrativa) Risco de Deslizamento



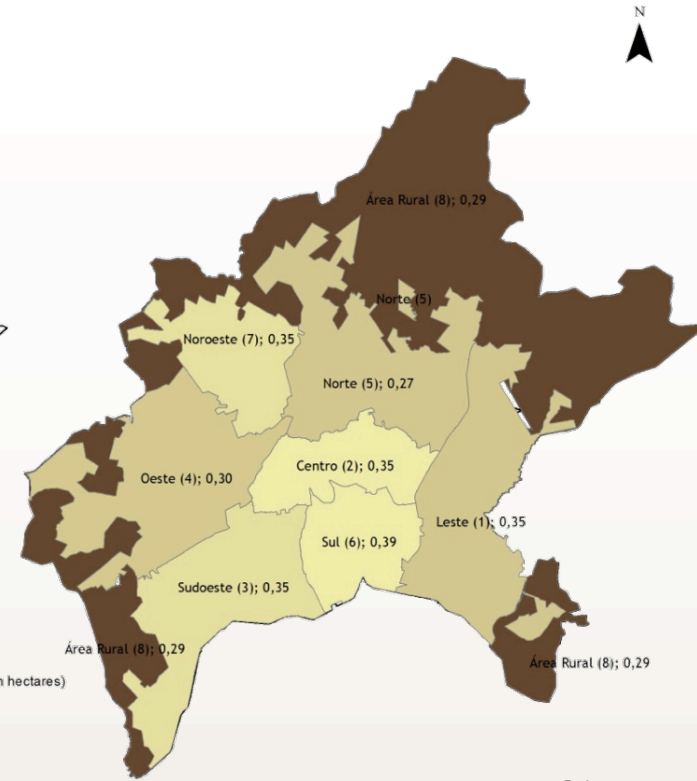
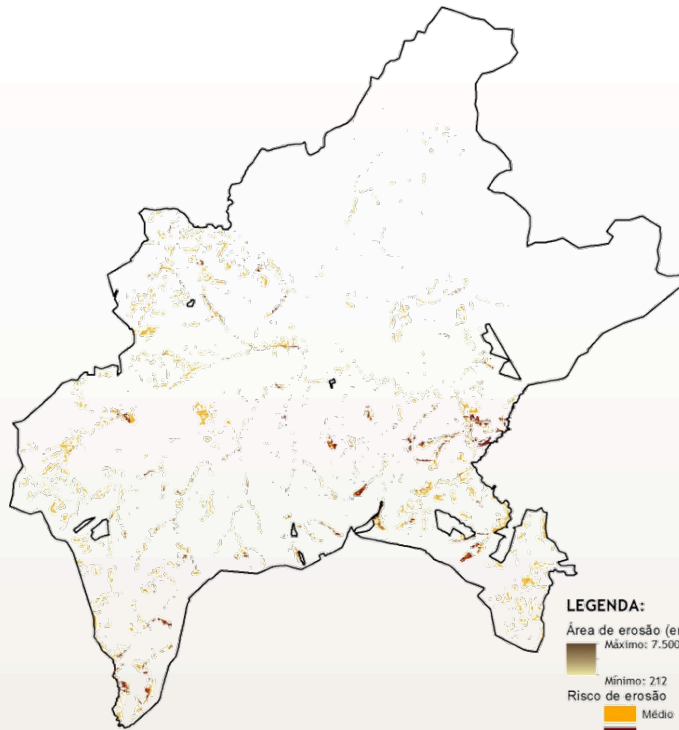
LEGENDA:
 Risco de Deslizamento
 Médio
 Alto
 Risco de Deslizamento
 Alto
 Médio
 Limite do Distrito: Nome (Código)
 Limite municipal

Escala
1:280.000

FONTE: WayCarbon, novembro de 2012



ESTUDO DE VULNERABILIDADE ÀS MUDANÇAS DO CLIMA Município de Goiânia (GO) - Distrito (Região Administrativa) Risco de Erosão



LEGENDA:
 Área de erosão (em hectares)
 Máximo: 7.500
 Mínimo: 212
 Risco de erosão
 Médio
 Alto
 Limite do Distrito: Nome (Código); Valor Médio de Erosão
 Limite municipal

Escala
1:280.000

FONTE: WayCarbon, novembro de 2012





WayCarbon

BELO HORIZONTE . MG

BH-TEC . Parque Tecnológico de Belo Horizonte
R. Professor José Vieira de Mendonça, 770 . Sala 210
Engenho Nogueira . CEP 31310-260
+ 55 (31) 3401 1074

SÃO PAULO . SP

Estúdio Capanema
R. Barão de Capanema, 343 . 7º Andar
Jardins . CEP 01411-011
+ 55 (11) 3083 0431



bh.tec
Parque Tecnológico de Belo Horizonte