



I Seminário de pesquisas para projetos sobre situações de enchentes do grupo NOAH- Núcleo de Habitat sem Fronteiras

A vulnerabilidade estrutural na luta contra o  
risco de inundações

Sarah Lindbergh

[sarahlindber@gmail.com](mailto:sarahlindber@gmail.com)

10 de agosto de 2011

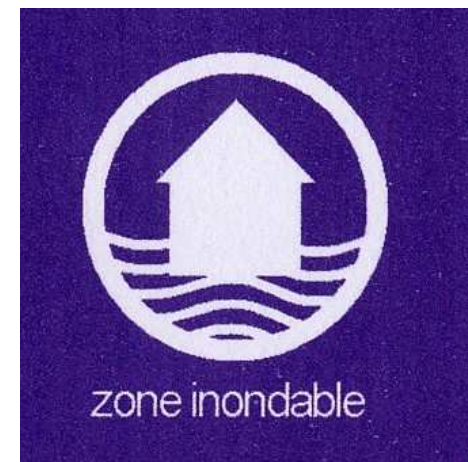
# Plano

2

I.Noções de risco e vulnerabilidade na sociedade urbana

II.Elaboração de um diagnóstico de vulnerabilidade estrutural: exemplo da análise de habitações no departamento da Haute-Loire (França)

III.Medidas de mitigação das habitações em zonas inundáveis







# I. Noções de risco e de vulnerabilidade na sociedade urbana



- Noções básicas:

$$R = P \times E (V)$$

- o perigo ou ameaça natural (**P**), que representa a probabilidade de ocorrência de um fenômeno que terá atributos qualitativos e quantitativos, tais como sua tipologia e magnitude;
- os elementos em risco (**E**) que são todos os que estão sujeitos a serem afetados pela ameaça natural, como seres vivos, bens materiais e imateriais e a economia de um país;
- a vulnerabilidade (**V**) destes elementos em risco determina o potencial de danos passíveis de serem observados, caso o risco se materialize.

- **Risco (R)**= o grau de perdas esperadas resultantes da possível ocorrência de evento perigoso natural ou induzido pelo homem.

• Diferentes tipos de vulnerabilidade no território urbano:

Vulnerabilidade	Ferramentas de trabalho	Ex. de aplicação
•Individual	Desenvolvimento da cultura de risco	Docs. de sensibilização, capacitação...
•Organizacional	Gerenciamento e planificação operacional	Planos de contingência, sistemas de alerta...
•Dependência	Gestão de sistemas	Redução da vulnerabilidade das redes, alternativas de funcionamento...
•Geográfica	Contrôle e planejamento urbano	Docs. de urbanismo, código florestal...
•Estrutural	Concepção arquitetônica, reabilitação	Normas de construção, código florestal...

Sociedade urbana      Território urbano

## Compreensão e contextualização da vulnerabilidade estrutural (VE):

- O surgimento da noção de vulnerabilidade na gestão de riscos é lenta mas irreversível, tornando-se cada vez mais bem definida, especialmente no caso da VE.
- O estudo de métodos que permitem a avaliação da vulnerabilidade de um local diante de uma ameaça natural tem o objetivo de reduzir as consequências da manifestação dessa ameaça

### Definição

A VE traduz o nível de proteção que as obras de habitação trazem à população, seus bens e atividades. Trata-se em grande parte de concepções arquitetônicas e técnicas de construção.

## Objetivos de redução da VE das habitações em zonas inundáveis:

- **Impedir a entrada de água na habitação,**
- **Caso haja penetração de água, minimizar o impacto da inundação,**
- **Favorecer a segurança dos habitantes,**
- **Acelerar o processo de limpeza e de retorno às atividades normais após a inundação.**



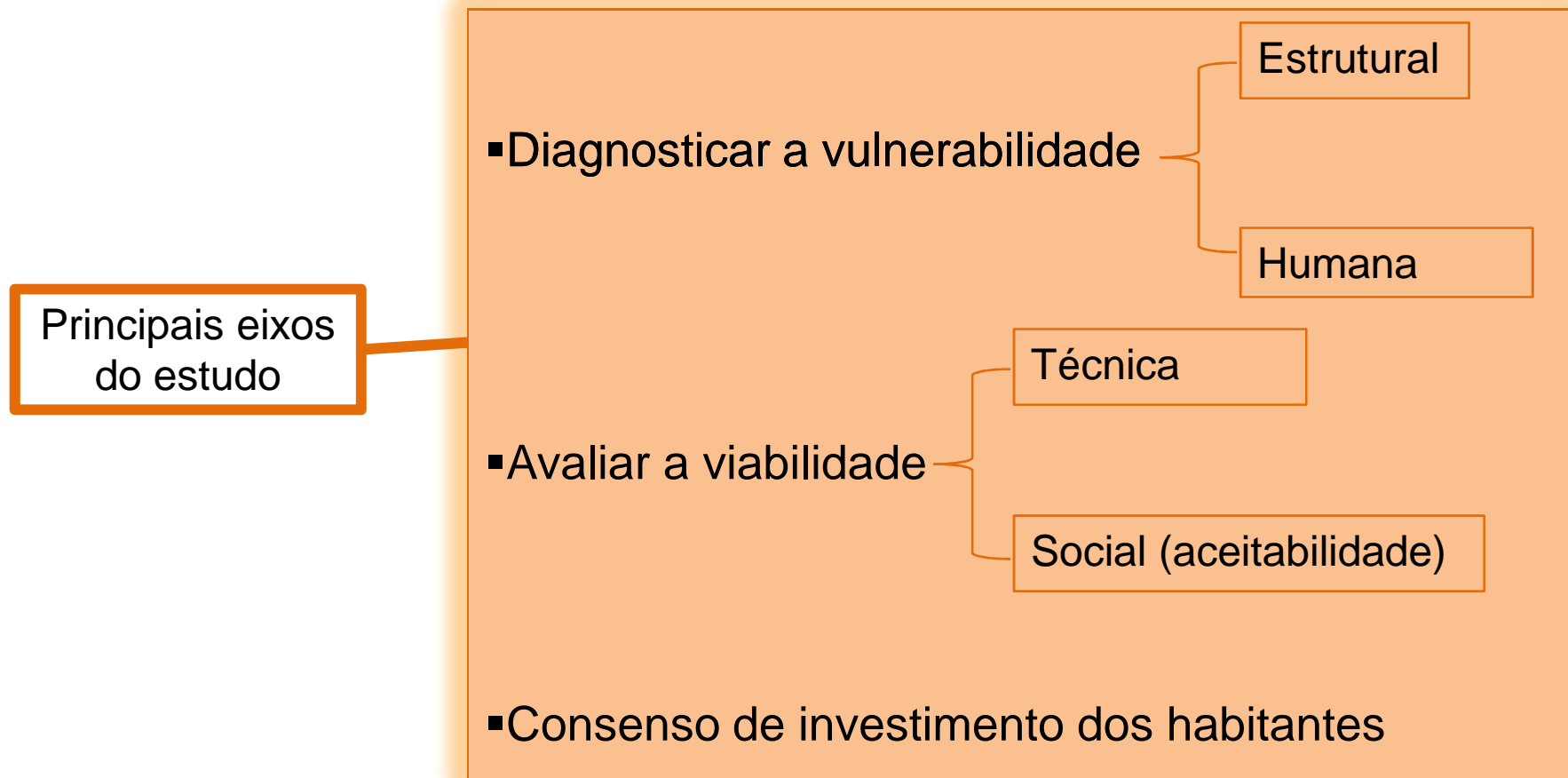
## II. Elaboração de um diagnóstico de vulnerabilidade estrutural: exemplo da análise de habitações no departamento da Haute-Loire (França)





**Contexto**: Alinhamento do departamento da Haute-Loire com a diretriz da Comissão Europeia de 23 de out. 2007 impondo aos Estados membros a realização de planos de gestão do risco de inundação na escala dos distritos hidrográficos com enfoque em medidas consideradas « leves e locais ».

**Objetivo**: Identificar e propor medidas de proteção aplicáveis às habitações para limitar danos causados por uma inundação.



- Conhecimento espaço-temporal das inundações (fator « P »)

- Bibliografia
- Homogeneização de dados pré-existentes

- Diagnóstico da vulnerabilidade estrutural e humana
- Diagnóstico da viabilidade técnica e aceitabilidade social
- Definição do consenso de investimento dos habitantes

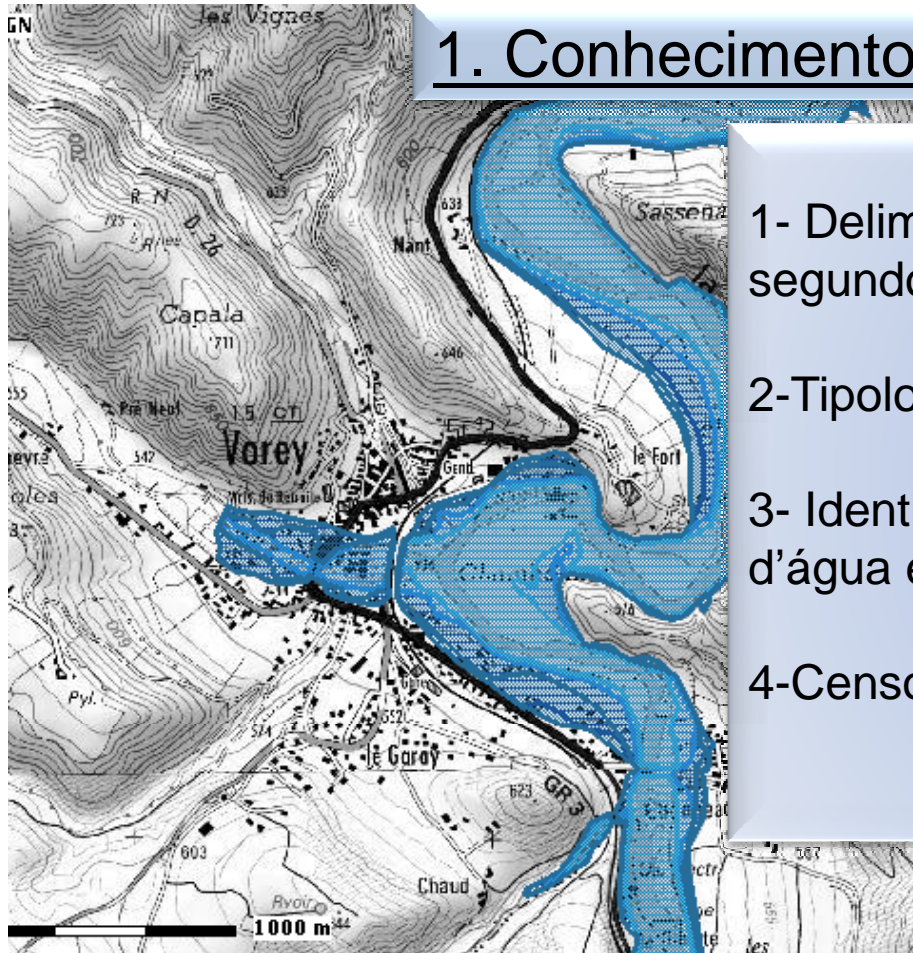
- Criação de indicadores de vulnerabilidade e viabilidade
- Elaboração de questionario e ficha de campo
- Levantamento e análise dos dados coletados

Para criar os índices de vulnerabilidade e viabilidade é necessário produzir uma grade de análises constituído por vários parâmetros descritivos aos quais são atribuidos modalidades qualitativas ou quantitativas

Indicadores	Critérios	Classes	Notas por classe

Estrutura do quadro de análises

# 1. Conhecimento espaço-temporal do fator « P »: 11



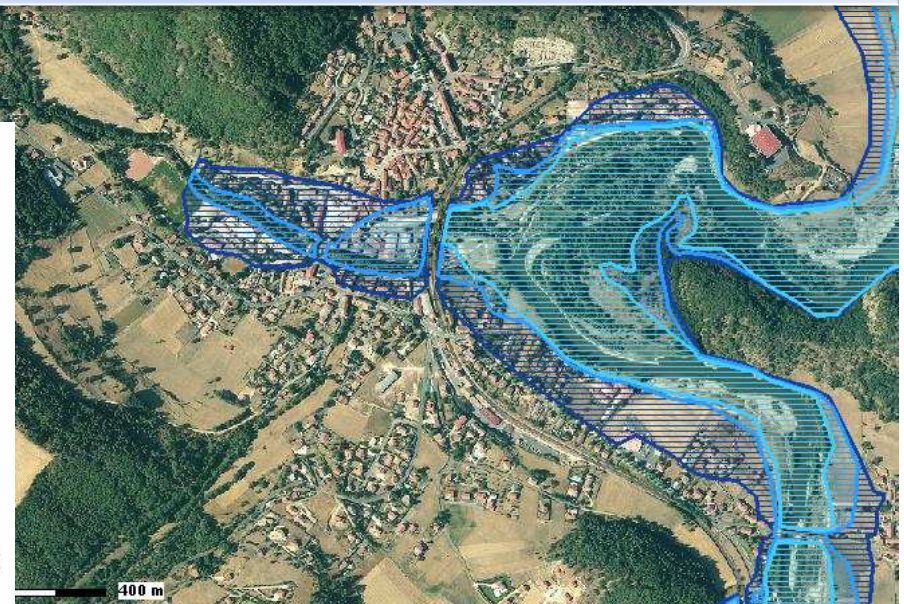
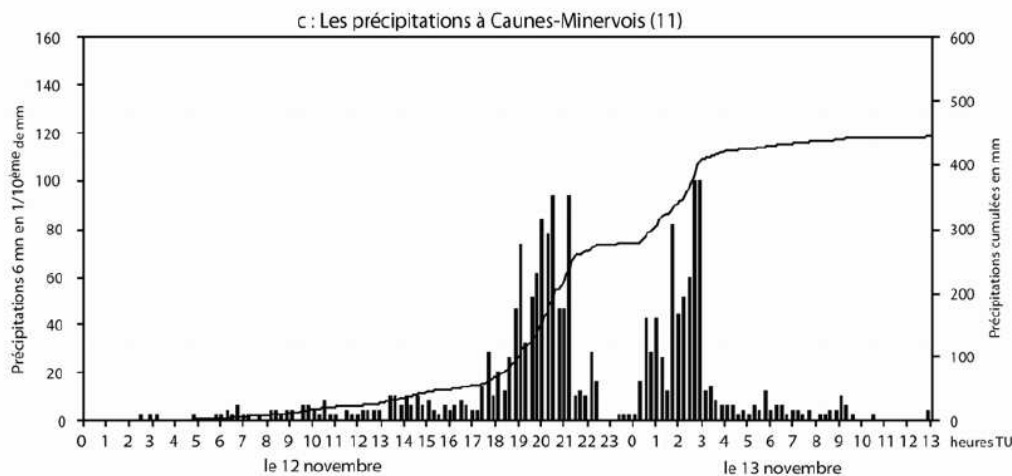
1- Delimitação espacial das zonas inundáveis segundo o período de retôrno das cheias;

2- Tipologia das inundações observadas

3- Identificação do regime hidrológico dos cursos d'água em questão;

4- Censo das inundações históricas mais significativas

→ (dados pré-existent)





## 2. Diagnóstico da vulnerabilidade :

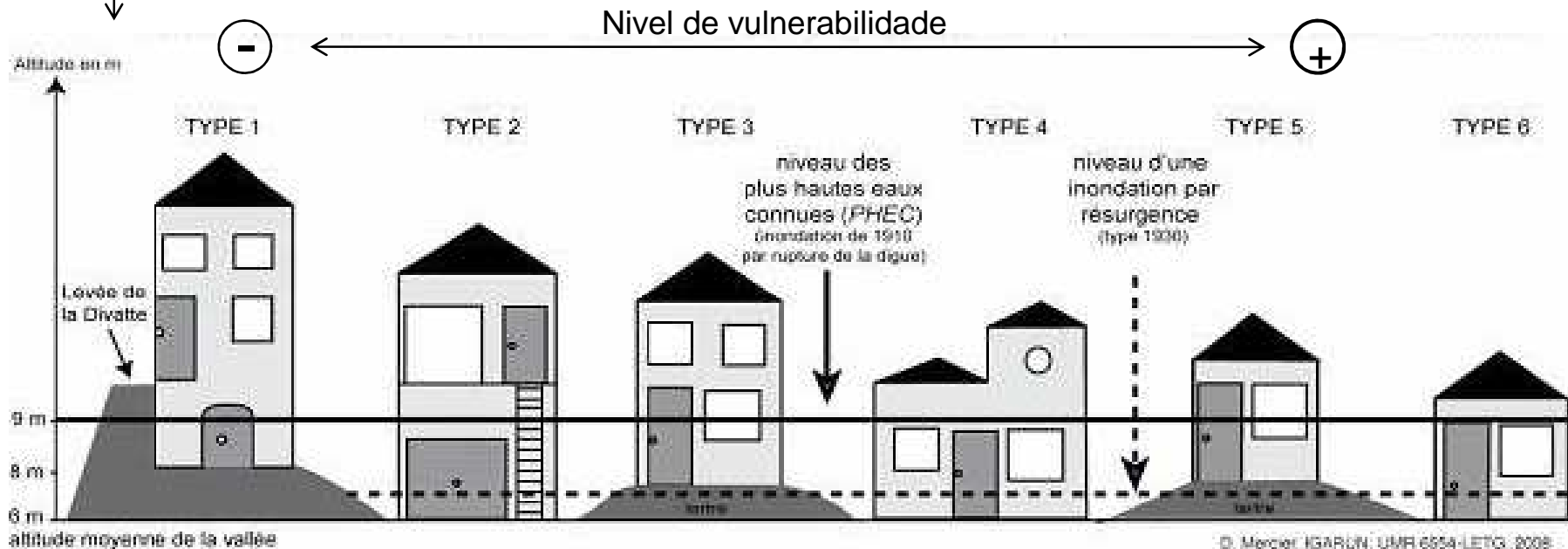
**Vulnerabilidade Global**  
**= vulnerabilidade estrutural x (vulnerabilidade humana x 2)**

Alguns critérios de avaliação

Vulnerabilidade	Crítérios	Tipo de critérios
Estrutural	Qualidade da estrutura	Qualitativo ordenativo
	Altura do 1º piso em relação ao solo	Quantitativo
	Tipo de revestimento dos pisos	Qualitativo ordenativo
	Altura das tomadas elétricas	Qualitativo
Humana	Número de habitantes	Quantitativo
	Presença de pessoas com necessidades especiais	Qualitativo ordenativo
	Possibilidade de evacuação	Qualitativo ordenativo
	Comportamento em caso de crise	Qualitativo ordenativo
	Espaço - refúgio	Binário

- 4 aspectos gerais a serem observados para identificação dos elementos vulneráveis da habitação para proposição de adaptações :

- **Exterior** (altura do primeiro piso habitado, material de construção e revestimento, espaço-refúgio, possibilidade de evacuação...)
- **Interior** (revestimento dos pisos, revestimento das paredes internas, disposição dos cômodos)
- **Aberturas** (número, dimensão, posição e orientação das janelas, portas e outros tipos de aeração)
- **Rede elétrica** (altura do disjuntor e tomadas)



## 2.3. Análise da VE: exemplos de critérios e classificação

14

Critérios	Classes	Notas
<b>Tipo de habitação (andares)</b>	R -1	2
	R 0	1
	R +1...	-1
	Casas-móveis	3
<b>Nível do 1º piso habitado</b>	TN :Terreno natural	2
	< 0,50 cm	1
	> 0,50 cm	-1
	Sem dados (SD)	0
<b>Revestimento exterior</b> cimento, pedra	Não	1
	SD	0
<b>Revestimento dos muros interiores</b> (tinta water proof ) R-1	Todos os andares	-2
	Mais da metade	-1
	Metade	0
	Menos da metade	1
	Nenhum cômodo	2
	SD	0
R0	Todos os andares	-2
	Mais da metade	-1
	Metade	0
	Menos da metade	1
	Nenhum cômodo	2
	SD	0
<b>Revestimento dos pisos</b> (Pedra, azulejo) R-1	Todos os andares	-2
	Mais da metade	-1
	Metade	0
	Menos da metade	1
	Nenhum cômodo	2
	SD	0

Método de cálculo do índice de vulnerabilidade estrutural

Escala da VE	
Forte	[13;28]
Média	[7;12]
Baixa	[-2;6]

...



## 2.2. Análise da vulnerabilidade humana : exemplos de critérios e classificação

15

Método de cálculo do índice de vulnerabilidade humana

Critérios	Classes	Notas
<b>Número de pessoas</b>	1	1
	2 à 4	2
	> à 4	3
<b>Presença de pessoas com necessidades especiais</b>	Não	0
	Sim	3
	Sim	3
<b>Evacuação (balcão ou velux)</b>	Sim	0
	Não	1
<b>Consciência da exposição ao risco</b>	Sim	0
	Não	1
<b>Conhecimento do risco</b>	Sim	0
	Não	1
<b>Conhecimento dos meios de prevenção e proteção</b>	Sim	0
	Não	1

### Escala da Vulnerabilidade Humana

Forte	[6;11]
Média	[4;5]
Baixa	[1;3]

## 2.3. Análise da aceitabilidade: exemplos de critérios e classificação

16

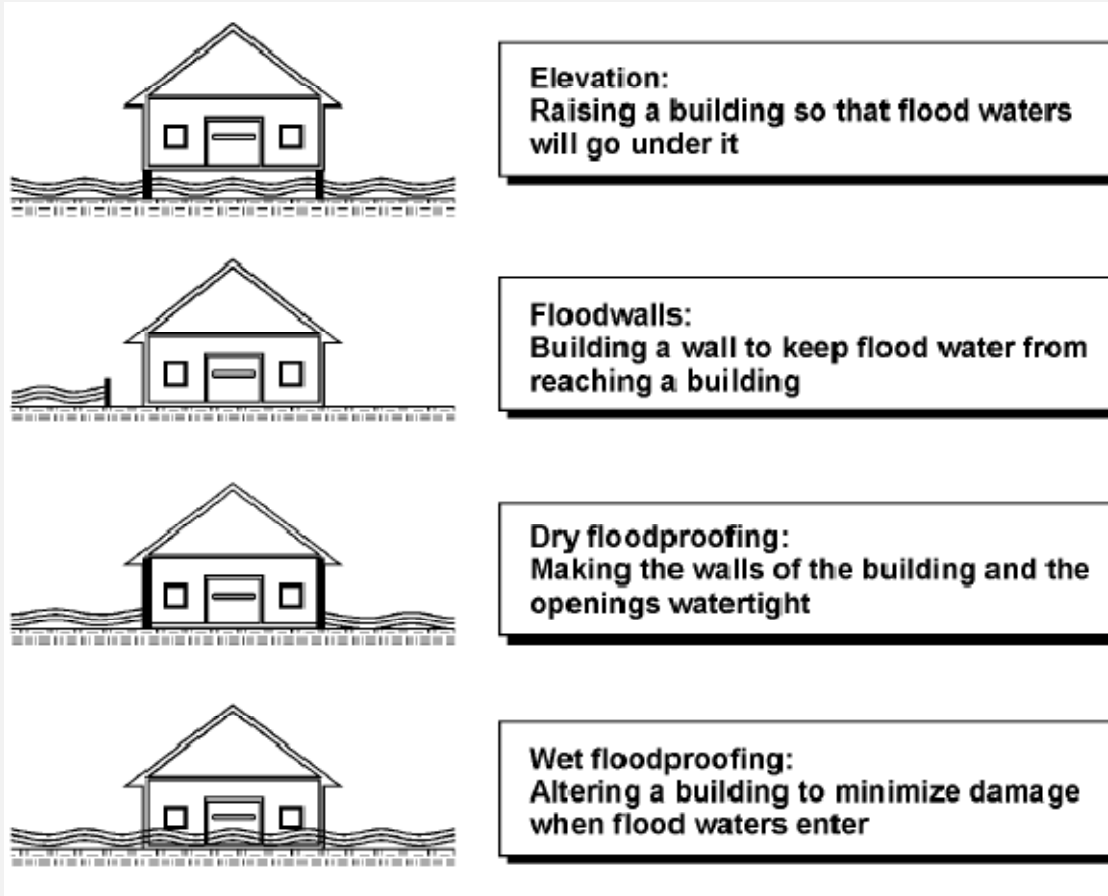
Método de cálculo do índice de aceitabilidade

Variáveis	Critérios	Classes	Notas
<b>Percepção</b>	Receptividade (Questão 7)	Desconfiança Desinteresse Cooperação Outra	-1 -1 4 0
	Consciência de estar em zona inundável (Questão 9)	Sim Não Não sabe	4 -1 0
	Frequência de inundação (Questão 11)	Muito frequente Frequente As vezes Nunca Não sabe	3 3 2 1 0
	Nível de periculosidade do rio (Questão 12)	Muito perigoso Perigoso Pouco perigoso Nada perigoso Não sabe	2 2 1 1 0
<b>Engajamento</b>	Proteção da habitação (Questão 58)	Sim Não Não sabe/ SD	10 -1 0
	Diposição para instalação de medidas mitigadoras (Questão 71)	Sim Não Não sabe/ SD	5 -1 0
<b>Características dos habitantes</b>	Status do habitante (Questão 106)	Proprietário Locatário Turista	3 1 1
	Faixa etária (Questão 109)	Menos de 19 anos 19 a 25 anos 26 a 45 anos 46 a 60 anos Mais de 60 anos	1 3 3 3 2

Índice de Aceitabilidade	
Forte	[27 ; 37]
Medio	[16 ; 26]
Baixo	[-2 ; 15]

# III. Medidas de mitigação das habitações em<sup>17</sup> zonas inundáveis

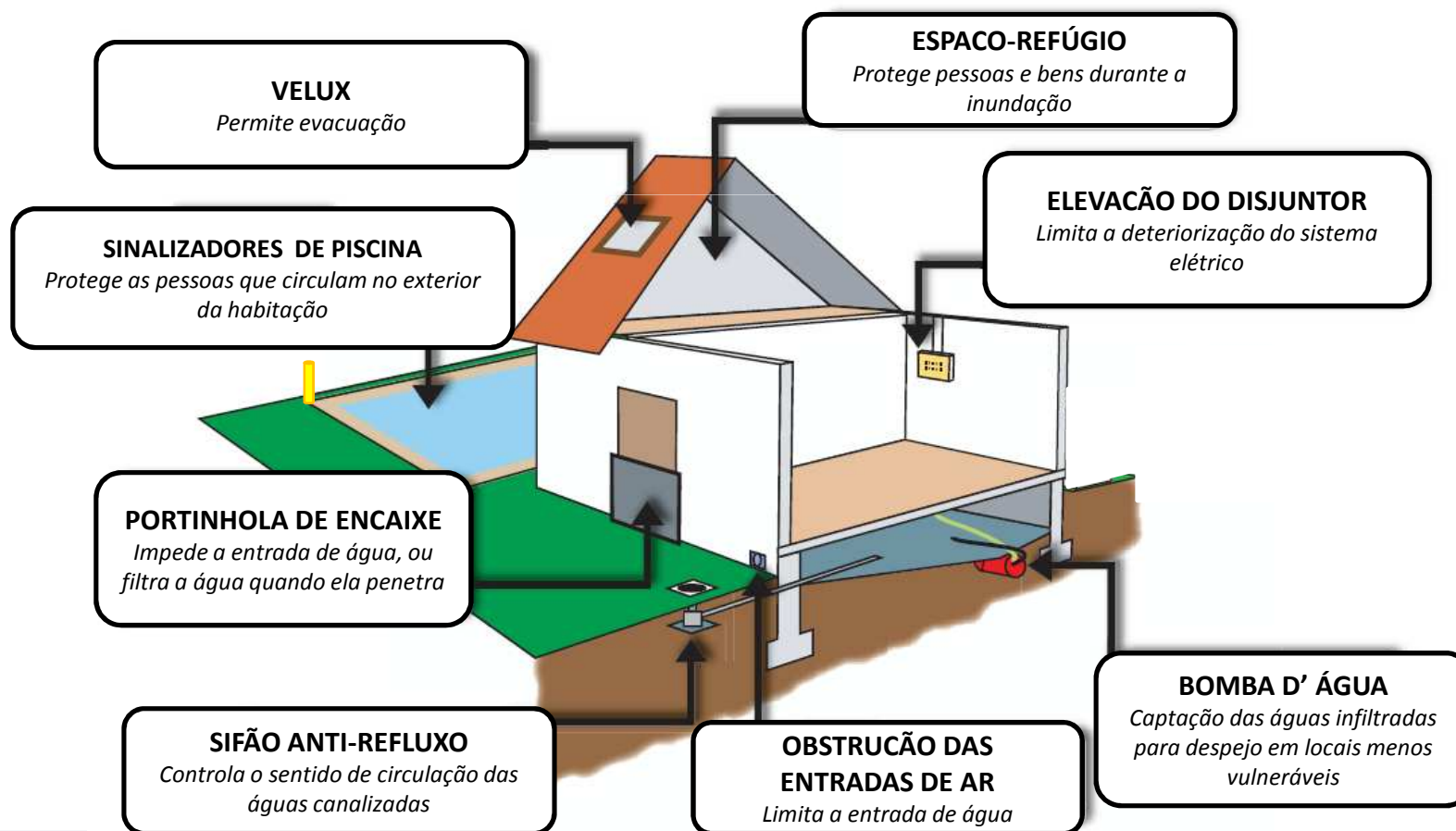




## Na Haute-Loire, 4 estratégias para diminuir a vulnerabilidade de uma habitação:

18

1. Prever dispositivos de proteção temporários;
2. Adaptar os equipamentos à inundação;
3. Adaptar as técnicas construtivas, e a escolha dos materiais à inundação;
4. Relocar os cômodos e o mobiliário

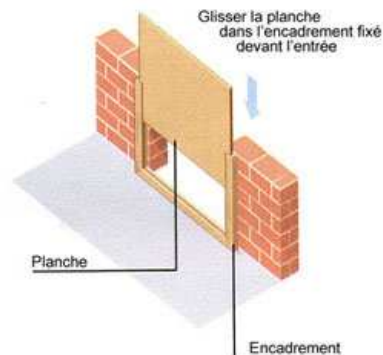


## 1-Dispositivos de proteção temporários

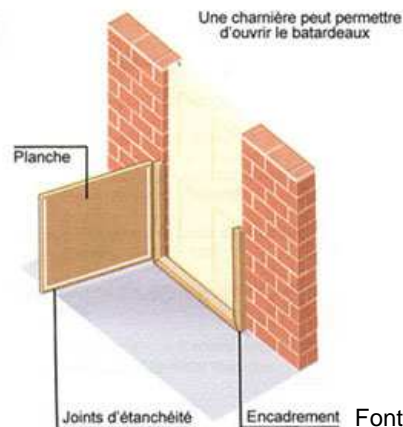
### Portinhola de encaixe (*batardeaux*)

19

- Objetivo: diminuir a velocidade da entrada da água na habitação, aumentando o tempo para tomar medidas de precaução com os bens e refugiar-se.
- Caso não limite a entrada da água, ele funciona como filtro, facilitando a limpeza do local após a inundação.



- Deve ser utilizado com outras medidas complementares que atuam no sentido *dryflood proofing*, como obstrução das entradas de ar e sifão anti-refluxo.



- NB:** Só pode ser usado em **até 1m de altura** de água:
- Além desse limite de altura, a estrutura da casa corre grave perigo devido pressão hidroestática.
  - Representa obstáculo para eventual evacuação



## 2-Adaptação dos equipamentos e mobiliário

20

- Rede elétrica (interruptores, cabos, disjuntores, fusíveis...)
- Linhas de telefone, cabo do televisor/ internet
- Rede de água potável, e sistema sanitário
- Canais de aeração
- Aparelhos sensíveis a água e de alto valor (geladeiras, máquinas de lavar, computadores...)

3 soluções de mitigação:

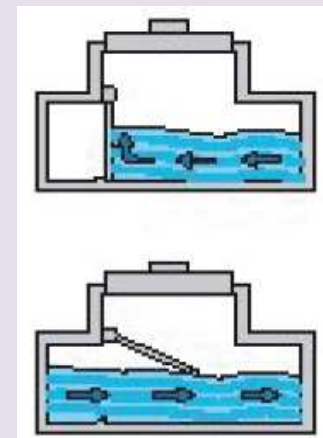
- **Relocação**
- **Elevação**
- **Proteção *in loco***

NB: Importante dar prioridade aos equipamentos ligados a rede elétrica por questões básicas de segurança dos habitantes.

Exemplo do **sifão anti-refluxo** (*clapet anti-retour*)

- A água pode subir pelo sistema de drenagem, inclusive pelo sistema de esgoto. É comum principalmente no caso de inundações por saturação do lençol freático.

- O sifão anti-refluxo impede a penetração das águas do subsolo, limitando consideravelmente os riscos sanitários e facilitando o processo de limpeza.



### 3. Técnicas construtivas e a escolha dos materiais

21

O tipo de material utilizado na construção de uma habitação é a origem das principais causas de infiltração da água nos cômodos e conseqüentemente dos problemas de umidade latente.

É necessário a escolha **materiais hidrófugos**, que **seque rapidamente**, e que sejam **fáceis de limpar**

- Material dos muros externos e internos → Ex: Dar preferência aos muros de pedra ou tijolo de concreto vazados, placas de gesso hidrófugos, divisórias de alvenaria permanente...
- Revestimento das paredes e pisos → Ex: Paredes revestidas com papel . Para os pisos, evitar carpetes e *parquets*, dar preferência aos pisos frios, azulejos e pedras.
- Material das portas e janelas → Dar preferência a materiais tipo PVC . Importante usar vedantes de boa qualidade e resistentes a água (ex:silicone)

NB:

- As medidas tipo *dryflood proofing* que impermeabilizam uma habitação exigem acompanhamento de especialistas para não ultrapassar o limite de resistência da construção à pressão hidroestática da inundação.
- Na escolha do material existe a possibilidade de optar pela resistência dos efeitos da água ou pela facilidade de troca (ex. revestimento de paredes hidrófugos ou de papel)

## 4. Relocar os cômodos e o mobiliário

•Consiste no « sacrifício » de alguns cômodos onde a **água possa 22 entrar** para evitar danos aos pontos mais vulneráveis da habitação permitindo um **equilíbrio na pressão hidroestática**.

Exemplos de mitigação:

- Criação de um **espaço-refúgio** ( elevação de um piso a mais, mezanino) →

Mitigação importante para reduzir risco de afogamento

- Local onde as pessoas e/ou bens podem se abrigar da água durante a inundação. NB: O local deve:
  - ser facilmente acessível tanto pelo interior como pelo exterior da habitação para eventual intervenção de salvamento;
  - oferecer condições mínimas de segurança (possibilidade de evacuação) e de conforto (espaço mínimo)

- Levantamento do 1º piso → •Alinhar o nível da casa com o nível das cheias históricas importantes.

- Adaptar a utilização da garagem , subsolo ou primeiro piso →
  - Reduzir a vulnerabilidade das zonas mais expostas as cheias relocando equipamentos vitais e frágeis.
  - Preferir disposição de quartos nos locais mais altos ou distantes da entrada da água



NB: Medidas restritas à habitações possuindo ao menos um andar.  
Elas exigem precaução no que se refere a resistência da construção as forças da água.



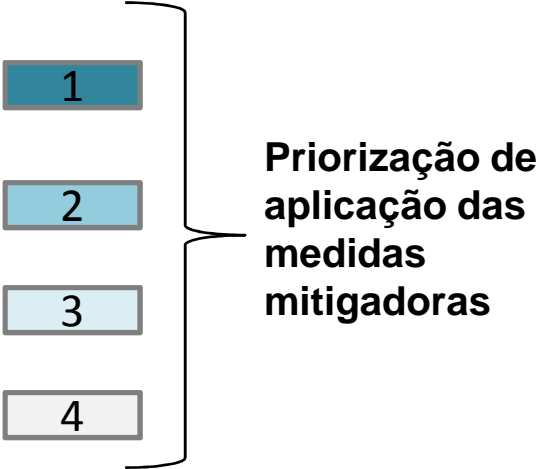
- Todas as medidas são complementares, cada uma com limites e vantagens
- Cada medida deve levar em consideração:

- Tipo de inundação
  - Torrencial
  - Planície
  - Por saturação de lençol freático
- Altura da inundação
  - > 1m
  - < 1m
- Oportunidade de intervenção
  - Construção
  - Reparos/ reabilitação
  - A qualquer momento



## Principais Resultados:

- Enquadrar uma política financeira para redução da vulnerabilidade integrando as especificidades sócio-econômicas e técnicas dos locais diagnosticados;
- Definição das comunidades prioritárias para investimento em medidas mitigadoras;
- Definição de técnicas de redução da vulnerabilidade da habitação mais apropriadas de modo exaustivo (fichas técnicas por habitação)

			Aceitabilidade		
			MODERADA	FORTE	
Vulnerabilidade Global	MODERADA	Nº de Habitações	29	16	 <p><b>Priorização de aplicação das medidas mitigadoras</b></p>
		Custo total das medidas	187.133 €	146.659 €	
		Custo para o Departamento (30%)	56.140 €	43.998 €	
	FORTE	Nº de Habitações	12	6	
		Custo total das medidas	211.833 €	53.591 €	
		Custo para o Departamento (30%)	63.550 €	16.077 €	

Cruzamento de indicadores : ferramenta de ajuda à decisão e priorização



Données relatives à l'aléa	Remarques et facteurs aggravants
Cours d'eau concerné : <b>Arzon</b>	Date de passage : 7 janvier 2010
Zonage de récurrence (ZI ou PPRi) : <b>Q 30</b>	
Crue vécu la plus important : <b>1996</b>	
PHEC constatée : <b>10 cm</b>	

Indice de vulnérabilité			Fort	Moyen	Faible
Vulnérabilité du bâtiment					
Forte	Moyenne	Faible			
Type de logement (niveaux) : <b>R+2</b> Hauteur du plancher / terrain naturel : <b>0 cm</b> Revêtement extérieur (parpaing, pierre) : <b>non</b> Revêtement intérieur des murs (peinture waterproof, carrelage) : <b>R0 : aucune pièce ; R+1 : aucune pièce</b> Revêtement intérieur des sols (pierre, carrelage) : <b>R0 : moins de la moitié ; R+1 : la moitié</b> Matériau portes (PVC) : <b>R0 ; R+1 : aucune pièce</b> Matériau fenêtres (PVC) : <b>R0 : moins de la moitié ; R+1 : aucune pièce</b> Hauteur du compteur : <b>&lt; 100 cm</b> Hauteur prises électriques : <b>&lt; 100 cm</b> Annexe exposée : <b>non</b>					
Vulnérabilité humaine					
Forte	Moyenne	Faible			
Classe d'âge de l'enquête : <b>45-60 ans</b> Nombre de personnes : <b>5</b> Présence de personnes à mobilité réduite : <b>non</b> Présence d'enfants : <b>oui</b> Evacuation (balcon ou velux) : <b>oui</b> Conscience d'exposition : <b>oui</b> Information sur le risque : <b>non</b> Connaissance des moyens de protection : <b>non</b>					

Indice d'acceptabilité	Fort	Moyen	Faible

Préconisations et consentement à payer		
Travaux de réduction de la vulnérabilité	Estimation financière (€)	Consentement à payer (€)
Clapet anti-retour Changement de revêtement du sol en carrelage Changement de porte pour du PVC Changement de fenêtre pour du PVC Batardeau Arrimage de la cuve	12 879,275	0





Données relatives à l'aléa	Remarques et facteurs aggravants
Cours d'eau concerné : Loire	Date de passage : 12 novembre 2009
Zonage de récurrence (ZI ou PPRI) : Q 100	
Crue vécue la plus importante : 1980	
PHEC constatée : 80 cm	

Indice de vulnérabilité	Fort	Moyen	Faible

Vulnérabilité du bâtiment		
Forte	Moyenne	Faible
Type de logement (niveaux) : R+1 Hauteur du plancher / terrain naturel : 0 cm Revêtement extérieur (parpaing, pierre) : NC Revêtement intérieur des murs (peinture waterproof, carrelage) : R0 : aucune pièce ; R+1 : aucune pièce Revêtement intérieur des sols (pierre, carrelage) : R0 : NC ; R+1 : NC Matériau portes (PVC) : R0 : NC Matériau fenêtres (PVC) : R0 : NC Hauteur du compteur : > 100 cm Hauteur prises électriques : 100 cm Annexe exposée : oui		

Vulnérabilité humaine		
Forte	Moyenne	Faible
Classe d'âge de l'enquêté : 46-60 ans Nombre de personnes : 3 Présence de personnes à mobilité réduite : non Présence d'enfants : non Evacuation (balcon ou velux) : oui Conscience d'exposition : NC Information sur le risque : oui Connaissance des moyens de protection : oui		

Indice d'acceptabilité	Fort	Moyen	Faible

**Préconisations et consentement à payer**

Travaux de réduction de la vulnérabilité	Estimation financière (€)	Consentement à payer (€)
Changement de revêtement du sol en carrelage Batardeau Arrimage de la cuve	8 605,45	0

- Quando trabalhamos com a VE estamos buscando métodos de adaptação as situações de desastres, muitas vezes permitindo uma redução do risco escolhendo a alternativa mais barata para isso.
- São técnicas de mitigação que podem ser aplicadas numa perspectiva de diminuir a vulnerabilidade de elementos que já se localizam em zonas de risco, mas também numa perspectiva de prevenção em um contexto de reconstrução pós-catástrofe.
- É uma maneira de implicar os moradores no processo de redução de risco de inundações, e incitar uma política « *bottom up* » nessa área.

## Limites da metodologia:

- É necessário um acompanhamento caso por caso, método *ad hoc*.
- Os estudos de eficácia e retornos de experiência ainda não foram oficializados.
- Demanda de pesquisas sobre tecnologia dos materiais de construção « menos sensíveis as ações da água » para melhorar a antecipação dos danos e definir bases mais rigorosas para as recomendações de medidas de redução de vulnerabilidade.



Muito obrigada pela sua atenção!

