



2nd IWA Leading-Edge Conference & Exhibition on **Strategic Asset Management**

A novel methodology to prioritize investment proposals

H. Alegre^{*}, D.I.C. Covas^{}, A.J. Monteiro^{**} & P. Duarte^{*}**



***LNEC**



**** IST**



Contents

- Context and Objectives
- Novel methodology
- Conceptual model
- Operational model
- Case studies
- Investment prioritization criterion
- Final remarks



Leading-Edge
Asset Management

LESAM 2007 – Lisbon 17-19 October 2007



Context and Objectives

- **Context** - the project was carried out for a real WDS (Lisbon City)
 - However, the objective of this paper is not to present the results nor details but the **conceptual approach** that has been followed herein
- The **aim** of the project was to establish criteria for the **prioritization of competing investment proposals** which:
 - contribute for long term **infrastructure sustainability**, system **reliability** or higher O&M **efficiency**
 - but**
 - do **not generate cash flows** nor easy to assess benefits
 - are **not critical** in terms of service provision or compliance with legal or contractual requirements in the short term



Leading-Edge
Asset Management



Novel methodology

- Established a two-step procedure

Step I: Conceptual/operational model

- Assessment of individual investment proposals
- Application to a set of investments

Step II: Investment prioritization criterion

- Selection of investment priorities from the a set o previously assessed investments



Leading-Edge
Asset Management



Step I: Conceptual/operational model



Leading-Edge
Asset Management

LESAM 2007 – Lisbon 17-19 October 2007



Conceptual model

General requirements and principles

- **Long term perspective** should be adopted
- Each investment should be assessed from all the **relevant viewpoints** related to the utility objectives
- **Direct, indirect and external** costs and benefits should be considered
- The model should allow for the **comparison** between the option of not investing (***status quo scenario***) and the option of **investing** at a given pre-set date
- The model should allow the **comparison of alternative investment** scenarios.



Leading-Edge
Asset Management



Conceptual model

Key elements

- Identification of all relevant **viewpoints** and **corporate objectives** to be accommodated by the model
- Identification of key **direct** and **indirect/external costs items** related to each objective
- Mathematical formulation for the **assessment of each cost item** and for **every year** of the period of analysis
 - unit costs and hazard probability may vary over the period of analysis;
 - Constant cost analysis was used
 - “Weighted Average Cost of Capital” (WACC) is used as discount rate
 - Implementation for the **investment scenario** and the **statu quo**
- Implementation of procedure for the assessment of the **relative benefit** of the investment:
 - Absolute benefit / Investment

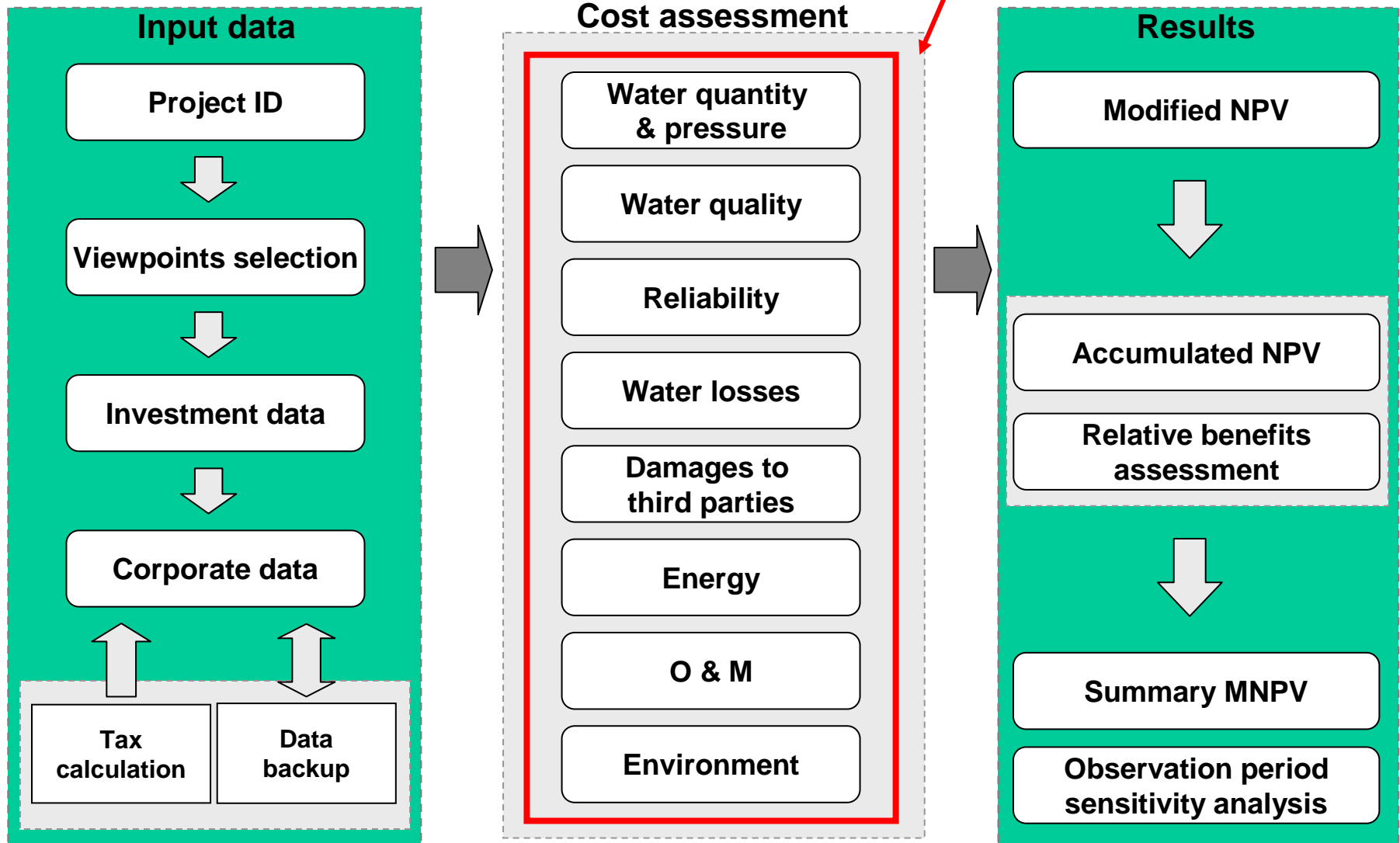


Leading-Edge
Asset Management

Operational Model

MS Excel prototype

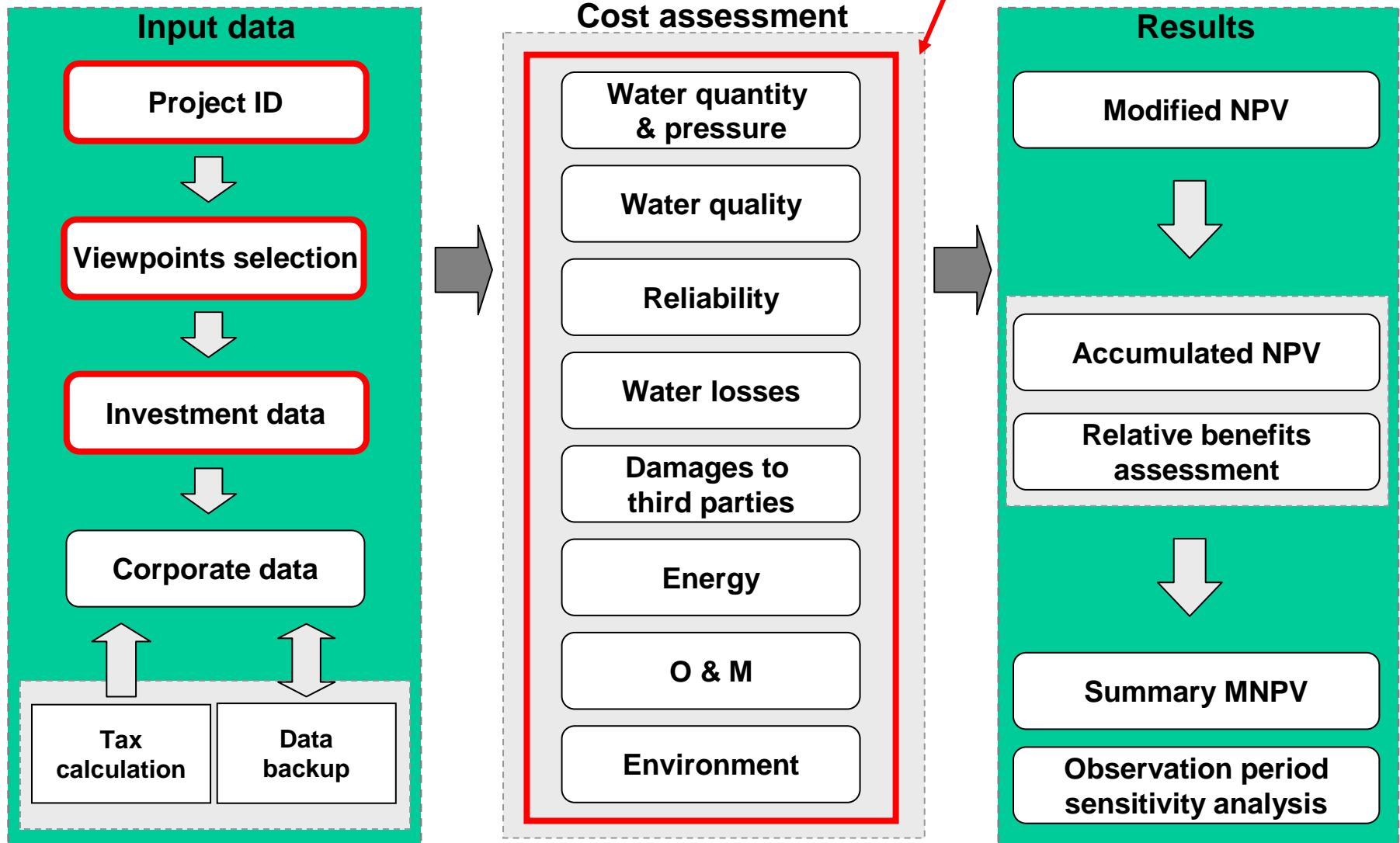
List of viewpoints that may be taken into account



Operational Model

MS Excel prototype

List of viewpoints that may be taken into account





Operational Model

Application

- Investments have different impacts in terms of meeting the corporate objectives.
- The user starts by identifying the objectives for which the investment has a significant impact.



Leading-Edge
Asset Management

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Type a question for help

100%

Arial 10 B I

D37 Minimização do custo de energia

A B C D E F

Regressar a "Instruções"

Objective selection

Seleccção de objectivos

- Quantidade e pressão de água fornecida aos consumidores**
 - Garantia de quantidade fornecida em condições normais de consumo e sem falhas dos elementos da rede
 - Garantia de pressão em condições normais
 - Garantia de quantidade e pressão em condições de incêndio
- Qualidade da água**
 - Garantia da qualidade da água - cloro residual mínimo
 - Garantia da qualidade da água - cheiro e sabor
 - Garantia da qualidade da água - cor
 - Garantia da qualidade da água - qualidade fisico-química
 - Garantia da qualidade da água - ocorrência de teores de chumbo
- Fiabilidade e vulnerabilidade**
 - Melhoria da fiabilidade dos componentes individuais do sistema
 - Conduatas

Início Instruções ID do Projecto **Pontos de Vista** Pressupostos Dados BackupDados VAL VAL Resumo ASPO(2-50) VALacum

AutoShapes

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

Type a question for help

100%

Reply with Changes... End Review...

Arial 11 B I

A B C D E F

fx

Regressar a "Instruções"

Seleção de objectivos

- Quantidade e pressão de água fornecida aos consumidores**
 - Garantia de quantidade fornecida em condições normais de consumo e sem falhas dos elementos da rede
 - Garantia de pressão em condições normais
 - Garantia de quantidade e pressão em condições de incêndio
- Qualidade da água**
 - Garantia da qualidade da água - cloro residual mínimo
 - Garantia da qualidade da água - cheiro e sabor
 - Garantia da qualidade da água - cor
 - Garantia da qualidade da água - qualidade fisico-química
 - Garantia da qualidade da água - ocorrência de teores de chumbo
- Fiabilidade e vulnerabilidade**
 - Melhoria da fiabilidade dos componentes individuais do sistema
 - Conduatas

Início Instruções ID do Projecto **Pontos de Vista** Pressupostos Dados BackupDados **Quantidade Pressão** VAL VAL Resumo ASPC



Operational Model

Application

- When all relevant viewpoints and objectives are selected, the user starts to input the corresponding data



Leading-Edge
Asset Management



A B C D E F

Seleção de objectivos

- Quantidade e pressão de água fornecida aos consumidores**
 - Garantia de quantidade fornecida em condições normais de consumo e sem falhas dos elementos da rede
 - Garantia de pressão em condições normais
 - Garantia de quantidade e pressão em condições de incêndio

- Qualidade da água**
 - Garantia da qualidade da água - cloro residual mínimo
 - Garantia da qualidade da água - cheiro e sabor
 - Garantia da qualidade da água - ocr
 - Garantia da qualidade da água - qualidade físico-química
 - Garantia da qualidade da água - ocorrência de teores de chumbo

- Fiabilidade e vulnerabilidade**
 - Melhoria da fiabilidade dos componentes individuais do sistema**
 - Condutas
 - Ramais
 - Grupos Electrobomba
 - Postos de Cloragem
 - Reservatório
 - Melhoria da fiabilidade do sistema para condições normais de funcionamento e de incêndio**
 - Garantia de abastecimento em situação de falha em componentes não intervencionados
 - Redução de roturas em condutas e ramais (não intervencionados)
 - Melhoria da fiabilidade do abastecimento em condições de emergência (catástrofes)
 - Minimização do risco de danos provocados por terceiros

- Perdas de água**
 - Controlo de perdas reais e económicas em condutas e ramais
 - Controlo de perdas reais em reservatórios

- Danos a terceiros**
 - Controlo de perturbações causadas por obras programadas
 - Controlo de perturbações causadas por falhas e obras não programadas

- Energia**
 - Minimização do custo de energia

- Operação e manutenção**



A B C D E F

Seleção de objectivos

- Quantidade e pressão de água fornecida aos consumidores**
 - Garantia de quantidade fornecida em condições normais de consumo e sem falhas dos elementos da rede
 - Garantia de pressão em condições normais**
 - Garantia de quantidade e pressão em condições de incêndio**

- Qualidade da água**
 - Garantia da qualidade da água - cloro residual mínimo
 - Garantia da qualidade da água - cheiro e sabor
 - Garantia da qualidade da água - ocr
 - Garantia da qualidade da água - qualidade físico-química
 - Garantia da qualidade da água - ocorrência de teores de chumbo

- Fiabilidade e vulnerabilidade**
 - Melhoria da fiabilidade dos componentes individuais do sistema**
 - Condutas**
 - Ramais**
 - Grupos Electrobomba
 - Postos de Cloragem
 - Reservatório
 - Melhoria da fiabilidade do sistema para condições normais de funcionamento e de incêndio**
 - Garantia de abastecimento em situação de falha em componentes não intervencionados
 - Redução de roturas em condutas e ramais (não intervencionados)
 - Melhoria da fiabilidade do abastecimento em condições de emergência (catástrofes)**
 - Minimização do risco de danos provocados por terceiros

- Perdas de água**
 - Controlo de perdas reais e económicas em condutas e ramais**
 - Controlo de perdas reais em reservatórios

- Danos a terceiros**
 - Controlo de perturbações causadas por obras programadas
 - Controlo de perturbações causadas por falhas e obras não programadas

- Energia**
 - Minimização do custo de energia

- Operação e manutenção**



A B C D E F

Seleção de objectivos

- Quantidade e pressão de água fornecida aos consumidores**
 - Garantia de quantidade fornecida em condições normais de consumo e sem falhas dos elementos da rede
 - Garantia de pressão em condições normais**
 - Garantia de quantidade e pressão em condições de incêndio**

- Qualidade da água**
 - Garantia da qualidade da água - cloro residual mínimo
 - Garantia da qualidade da água - cheiro e sabor
 - Garantia da qualidade da água - oor
 - Garantia da qualidade da água - qualidade físico-química
 - Garantia da qualidade da água - ocorrência de teores de chumbo

- Fiabilidade e vulnerabilidade**
 - Melhoria da fiabilidade dos componentes individuais do sistema**
 - Condutas**
 - Ramais**
 - Grupos Electrobomba
 - Postos de Cloragem
 - Reservatório
 - Melhoria da fiabilidade do sistema para condições normais de funcionamento e de incêndio**
 - Garantia de abastecimento em situação de falha em componentes não intervencionados
 - Redução de roturas em condutas e ramais (não intervencionados)
 - Melhoria da fiabilidade do abastecimento em condições de emergência (catástrofes)**
 - Minimização do risco de

- Perdas de água**
 - Controlo de perdas reais**
 - Controlo de perdas reais

- Danos a terceiros**
 - Controlo de perturbações causadas por obras programadas
 - Controlo de perturbações causadas por falhas e obras não programadas

- Energia**
 - Minimização do custo de energia

Corporate data,
filled in centrally by
default



A B C D E F

Seleção de objectivos

- Quantidade e pressão de água fornecida aos consumidores**
 - Garantia de quantidade fornecida em condições normais de consumo e sem falhas dos elementos da rede
 - Garantia de pressão em condições normais
 - Garantia de quantidade e pressão em condições de incêndio

- Qualidade da água**
 - Garantia da qualidade da água - cloro residual mínimo
 - Garantia da qualidade da água - cheiro e sabor
 - Garantia da qualidade da água - oor
 - Garantia da qualidade da água - qualidade físico-química
 - Garantia da qualidade da água - ocorrência de teores de chumbo

- Fiabilidade e vulnerabilidade**
 - Melhoria da fiabilidade dos componentes individuais do sistema**
 - Condutas
 - Ramais
 - Grupos Electrobomba
 - Postos de Cloragem
 - Reservatório
 - Melhoria da fiabilidade do sistema para condições normais de funcionamento e de incêndio**
 - Garantia de abastecimento em situação de falha em componentes não intervencionados
 - Redução de roturas em condutas e ramais (não intervencionados)
 - Melhoria da fiabilidade do abastecimento em condições de emergência (catástrofes)
 - Minimização do risco de danos provocados

- Perdas de água**
 - Controlo de perdas reais e económicas e
 - Controlo de perdas reais em reservatório

- Danos a terceiros**
 - Controlo de perturbações causadas por obras programadas
 - Controlo de perturbações causadas por falhas e obras não programadas

- Energia**
 - Minimização do custo de energia

Sheet for user data
(next stage of the
process)

Example of detailed cost assessment data sheet, **produced automatically** for each viewpoint selected.

The paper provides examples of the cost items considered and of how they are assessed.

Microsoft Excel - Matriz_2005-12-29 (EE).xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

70%

Arial 10

C51

Posto de Cloragem

Ponto de vista: **Energia**

Objectivos avaliados: Minimização do custo de energia
Minimização do consumo de energia

Year of analysis	0	1	2	3			
"Status quo" scenario							
Constant cost analysis							
6	Custo total de energia	/ano	1850.00	SOI: 1905.50	SOI: 1962.67	SOI: 2 021.54	SOI: 2 081.11
	Total direct costs	/ano		1 905.50	1 962.67	2 021.54	2 081.11
	Total indirect costs	/ano		0.00	0.00	0.00	0.00
	Factor de actualização	-	1.00	0.94	0.89	0.84	
	Total discounted direct costs	/ano		1 799.34	1 750.07	1 702.14	1 655.00
	Total discounted indirect costs	/ano		0.00	0.00	0.00	0.00
				SOI:	SOI:	SOI:	SOI:
Investment scenario							
	Investimento realizado	I	41560.00	0.00	0.00	0.00	
Constant cost analysis							
6	Custo total de energia	/ano	1850.00	INVI: 1905.50	INVI: 1221.21	INVI: 1257.85	INVI: 1294.49
	antes da investimento	(true)	1850.00	1905.50	1962.67	2 021.54	2 081.11
	depois da investimento	(false)	1151.11	1185.64	1221.21	1257.85	1294.49

Dados | Fiabilidade | Oper&Manut | **Energia** | Ambiente | VAL Resumo | ASPO(2-50) | VAL | VALacum | VAL



Leading-Edge
Asset Management

Model Application

Output windows

Posto de Cloragem

Custos actualizados							
Periodo de Observação = 30 anos							
	Cenário "Status quo"		Cenário de Investimento		Benefício = Status Quo - Investimento <i>(mais valia de investir)</i>	Racio Benef / Investimento	Racio Benef / Investimento/ ano de análise
Investimento							
Investimento realizado							
Componente 1			72 948.90		-72 948.90		
Componente 2			62 340.00		-62 340.00		
Valor residual no último ano em análise							
Componente 1			-1 860.96		1 860.96		
Componente 2			0.00		0.00		
Sub-total	0	0.0%	133 428	78.0%	-133 428	-100.0%	
Custos Directos							
Quantidade e pressão de água fornecida aos consumidores	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	
Qualidade da água	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	
Fiabilidade e vulnerabilidade	292 964	88.0%	10 216	6.0%	282 748	211.9%	
Perdas de água	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	
Danos a terceiros	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	
Energia	37 141	11.2%	25 640	15.0%	11 501	8.6%	
Operação e manutenção	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	
Ambiental	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	
Sub-total	330 105	99.2%	35 856	21.0%	294 249	220.5%	
Custos Indirectos							
Quantidade e pressão de água fornecida						0.0%	

Model Application

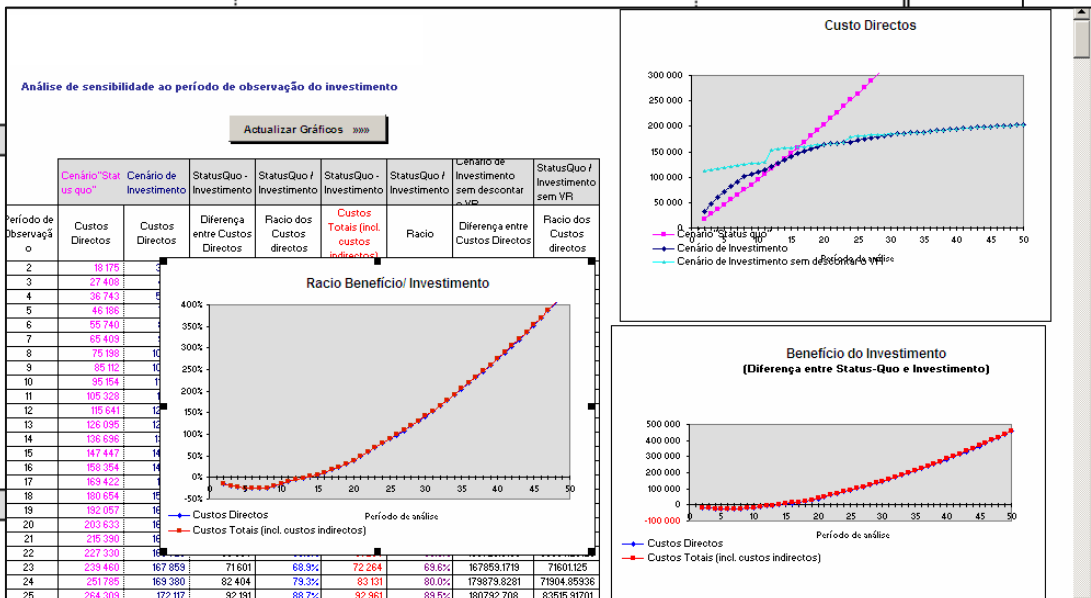
Output windows

Posto de Cloragem

Custos actualizados

Periodo de Observação = 30 anos

	Cenário "Status quo"	Cenário de Investimento	Benefício = Status Quo - Investimento (maior valor de investir)	Racio Benef / Investimento	Racio Benef / Investimento/ ano de análise
Investimento					
Investimento realizado					
Componente 1		72 948.90	-72 948.90		
Componente 2					
Valor residual no último ano em análise					
Componente 1					
Componente 2					
Sub-total	0	0.0%			
Custos Directos					
Quantidade e pressão de água fornecida aos consumidores	0	0.0%			
Qualidade da água	0	0.0%			
Fiabilidade e vulnerabilidade	292 964	88.0%			
Perdas de água	0	0.0%			
Danos a terceiros	0	0.0%			
Energia	37 141	11.2%			
Operação e manutenção	0	0.0%			
Ambiental	0	0.0%			
Sub-total	330 105	99.2%			
Custos Indirectos					
Quantidade e pressão de água fornecida					





Case Studies

Main points of view

Type of investment	Type of costs	Quantity & pressure	Water quality	Reliability & vulnerability	Water losses	Damages to third parties	Energy	O & M	Environment
Mains and service pipes	direct	Imperative		X	X				
	indirect			X	X	X			X
Treatment facilities	direct	Imperative	X	X				X	
	indirect		X	X					
Pumping stations	direct	Imperative		X			X	X	
	indirect								X
Service tanks	direct	Imperative			X				
	indirect								



Case Studies

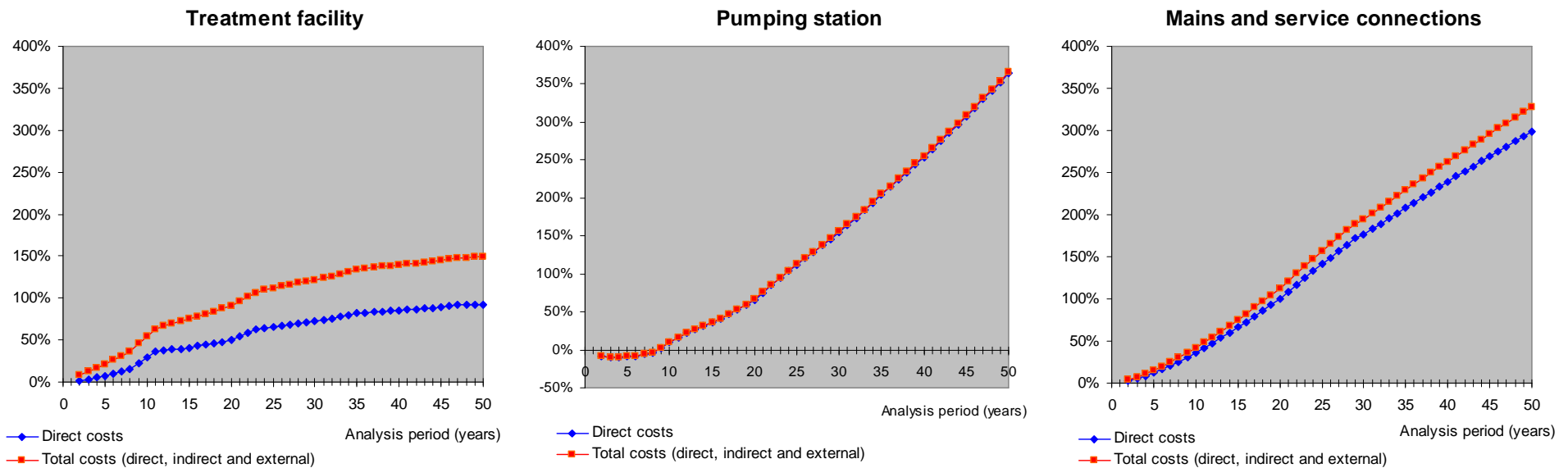
Main points of view

Case studies tested

Type of investment	Type of costs	Quantity & pressure	Water quality	Reliability & vulnerability	Water losses	Damages to third parties	Energy	O & M	Environment
Mains and service pipes	direct	Imperative		X	X				
	indirect			X	X	X			X
Treatment facilities	direct	Imperative	X	X				X	
	indirect			X	X				
Pumping stations	direct	Imperative		X			X	X	
	indirect								X
Service tanks	direct	Imperative			X				
	indirect								

Case Studies

Results' Discussion: Comparison of relative benefits



- **Challenge:** comparison between investments with different expected useful lives:
 - short periods of analysis do not include the whole life costs, whereas long periods have a high uncertainty associated.
- Expected useful life for construction components is the recommended analysis period;
- When using shorter periods, the residual value of the investment at the end of the period of analysis should be discounted.



Case Studies

Results' sensitivity to input data

Results are sensitivity to subjective data which depends on investment type

- The investment in the **treatment facility** is **very sensitive to the cost of processing water quality complains.**
 - This cost can be very easily estimated (with an acceptable accuracy) based on the water utility data and on the costs associated to collecting and analyzing water samples.
- The investment in the **pumping station depends greatly** on the **repair costs growth rate** and **pumping energy costs.**
 - careful analysis should be carried out on estimating these parameters.
- The investment in **mains and service connections** is **not particularly sensitive** to any specific parameter.



Leading-Edge
Asset Management



Step II: Investment prioritization criterion



Leading-Edge
Asset Management

LESAM 2007 – Lisbon 17-19 October 2007



Investment prioritization criterion

Final stage of the project:

Setting up of an investment selection criterion

- It was assumed that the best prioritization *criterion* is...
 - ...The **optimal combination of investments** that, not exceeding a maximum available amount of capital costs, results in the **maximum global absolute benefit**
- Three alternative solutions for investment prioritization:
 - 1 - Prioritization by **absolute benefit**
 - descending sorting of absolute benefits; selection of the first that do not exceed
 - 2 - Prioritization by **relative benefit** with class stratification
 - 3 classes; descending sorting; selection invest. in each class with higher rel.benefit
 - 3 - Prioritization by **relative benefit** without class stratification
 - descending sorting of rel. benefits; selection of the first that do not exceed



Leading-Edge
Asset Management



Investment prioritization criterion

Application to a set of hypothetical investments

Main conclusions reached

Criteria	Capital Cost	Global absolute benefit	Global relative benefit
1 - Prioritization by absolute benefit	4,000,000€	2,835,000€	71%
2 - Prioritization by relative benefit with class stratification	4,053,000€	3,678,000€	91%
3 - Prioritization by relative benefit without class stratification	4,051,000€	6,402,000€	158%

Investment prioritization should be based on sorting investments by descending **direct relative benefits**, without previous class stratification.

Investment prioritization should be based on **direct relative benefits**;

- However, **indirect benefits** should always be taken into consideration in the final decision.
- It is **advisable** to analyse results based on sorting **total** relative benefits.



Final remarks

Main conclusions

- The work developed is a major step forward in terms of the **transparency and coherence** of the decision making processes.
- Aim was to assist decision makers in
 - the prioritization of rehabilitation investments, not generating cash flows nor easy to assess benefits.
- The model produced faced a **conflict of interests**:
 - need for simplicity, and
 - need to take into consideration some types of costs subjective and difficult to assess.
- Managers tend to expect simultaneously:
 - a **powerful** and **effective** tool;
 - a tool that is **user-friendly** and **not data demanding**.
- We believe that a good balance was achieved in this case;



Leading-Edge
Asset Management



Final remarks

Future developments

This project opens the way for new applications and for further developments in scientific and practical terms:

- Use of the model on a routine basis, in order to validate and improve the formulations and to improve the corporate decision making procedures;
- Proceed with research related to the establishment of periods of analysis;
- Explore this model to assess economical lives of assets;
- Develop professional and more powerful software applications;
- Develop further work in order to built a more robust model in terms of dealing simultaneously with risks of different nature



Leading-Edge
Asset Management



Acknowledgements

Lisbon Water Utility – EPAL, S.A. – who allowed for the development of the current project



Leading-Edge
Asset Management

LESAM 2007 – Lisbon 17-19 October 2007