Research Fund for Coal & Steel

LVS 3

Large Valorisation on Sustainability of Steel Structures

CASOS DE ESTUDO

CRM GROUP

FCTUC

isise

Dezembro 2014

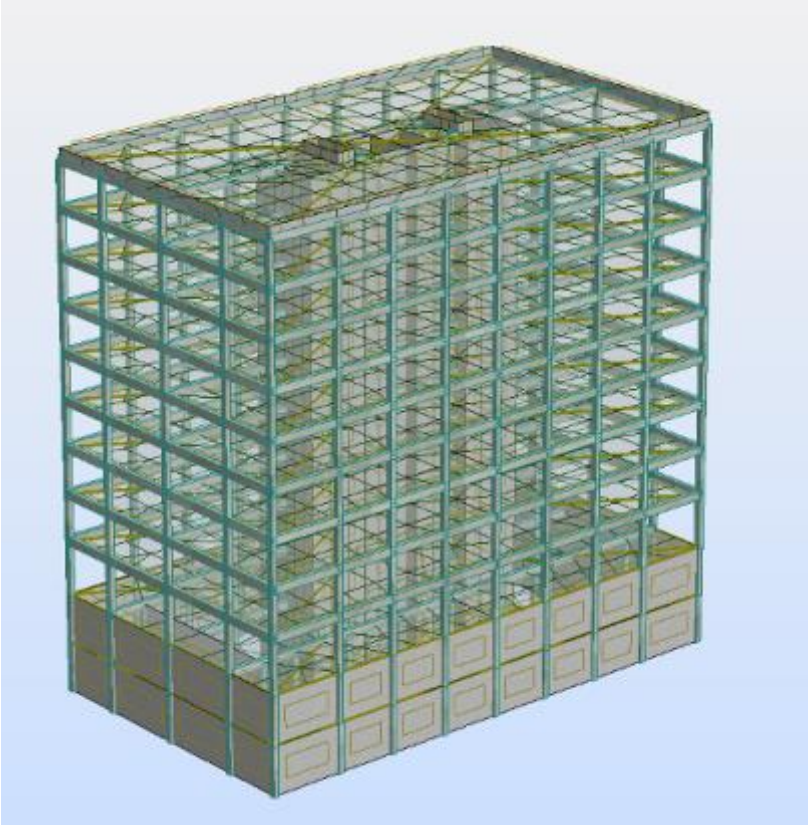
Estrutura da apresentação:

1) Edifício de escritórios: típico em França

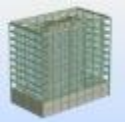
2) Edifício residencial: *"CasaBuna"* na Roménia

3) Edifício Industrial: estrutura mista em Paris

Edifício de escritórios: típico em França



Objetivos

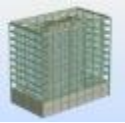


O objetivo principal deste estudo é comparar a qualidade ambiental de um edifício de escritórios para diferentes tipos de estrutura.

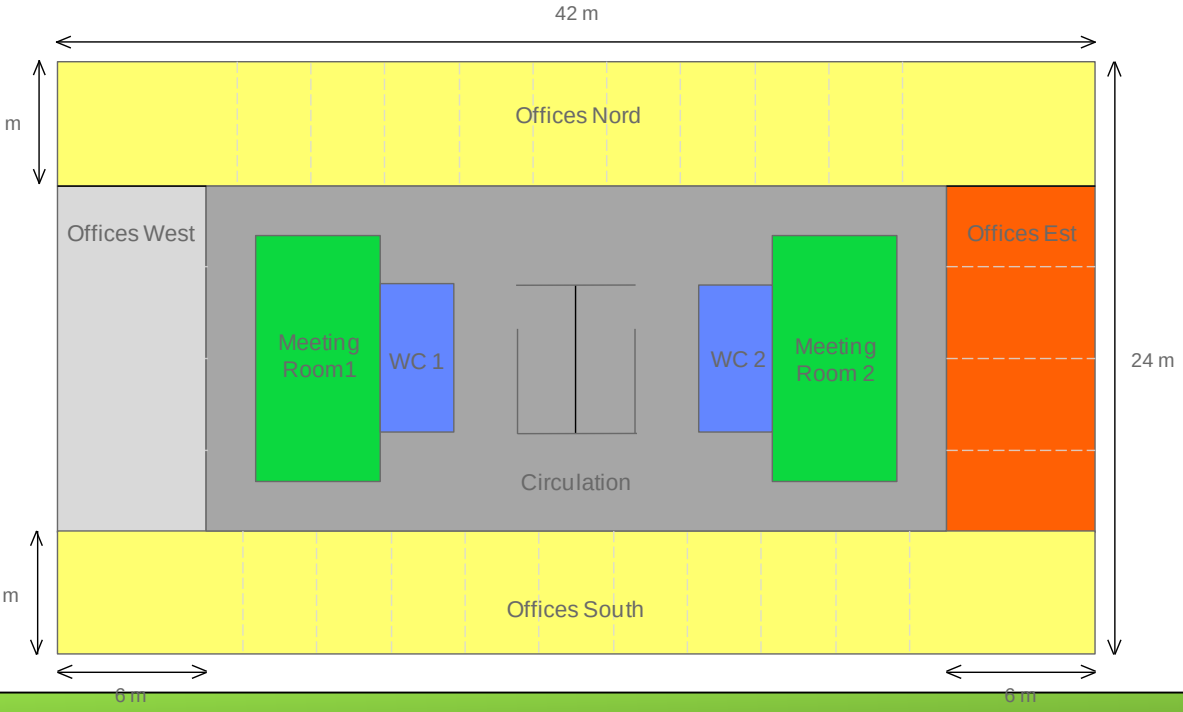
São comparados 3 tipos de sistemas estruturais:

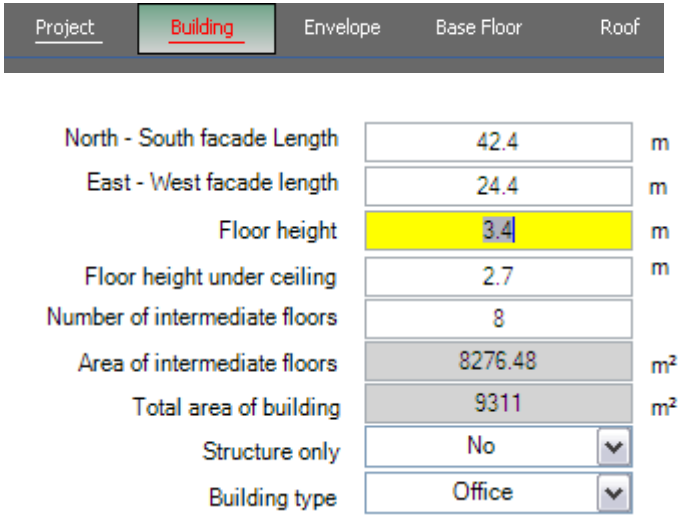
- Estrutura mista aço-betão;
- Estrutura em betão;
- Estrutura mista aço-betão otimizada (do ponto de vista ambiental, i.e. *ECO-Design*)

Definição do edifício

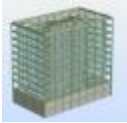


- Área em planta: 42x24 m
- Oito pisos elevados (excluindo o piso térreo)
- Localizado em Paris





Ocupação & equipamentos



Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

Occupancy related data

Comfort requirements

Tipo edifício escritórios →

Heating set-point temperature	20	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

- Aquecimento & arrefecimento: sistema *split*
- Ventilação mecânica com um sistema de recuperação de calor
- Sistema de água quente sanitária: caldeira elétrica

Description of building systems

Heating system

Heating system type	Split (heating)

Cooling system

Cooling type system	Split (cooling)

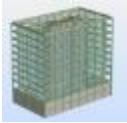
Mechanical ventilation system

Heat recovery system	Yes
Heat recovery percentage	80

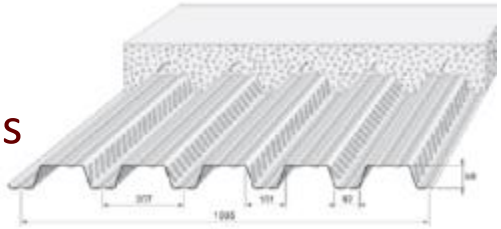
DHW system

DHW system type	Electric boiler

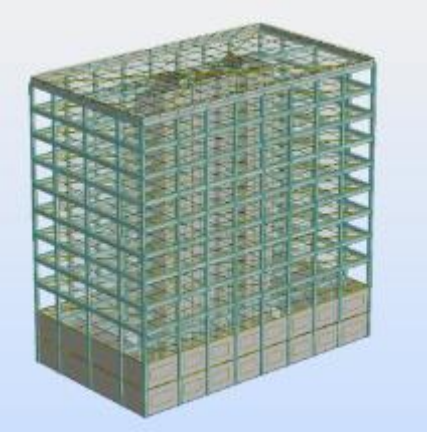
Tipo de estrutura



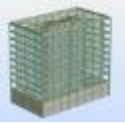
- Estrutura mista aço-betão
  - Perfis em aço S355
  - Lajes mistas com 15 cm de betão (C30/37) e chapas perfiladas COFRA+60
  - Núcleo central em betão armado (C30/37)



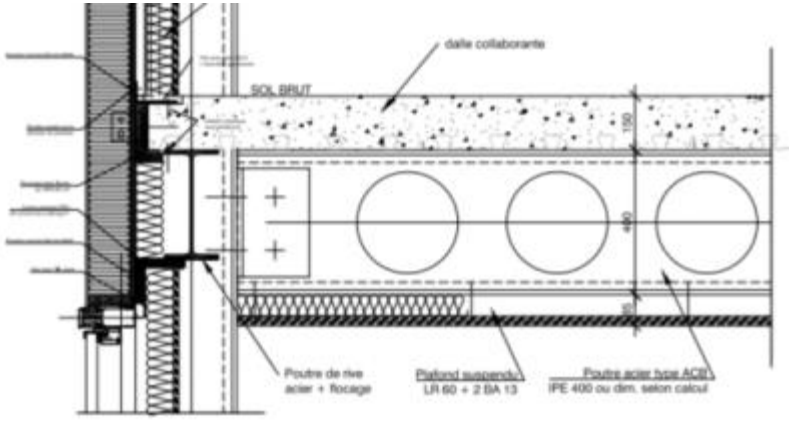
- Estrutura em betão
  - Lajes alveolares prefabricadas (C30/37)
  - Betão armado (C30/37) em pilares e vigas
  - Núcleo central em betão armado (C30/37)

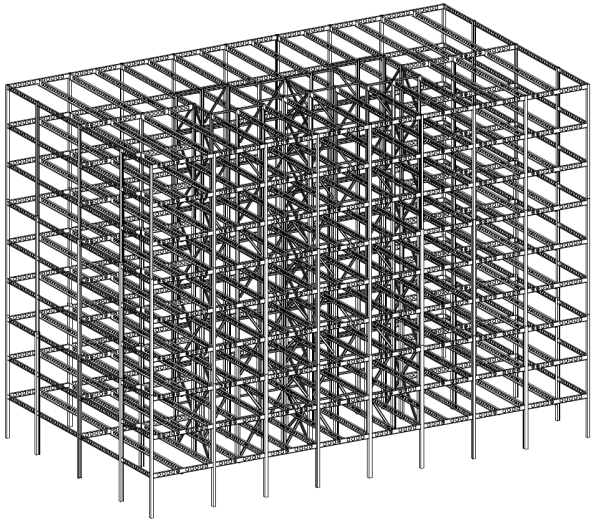


Tipo de estrutura



- Estrutura mista aço-betão ECO-otimizada
  - Perfis em aço S460
  - Lajes mistas com 15 cm de betão (C30/37) e chapas perfiladas COFRA+60
  - Núcleo central com perfis diagonais em aço (S460)





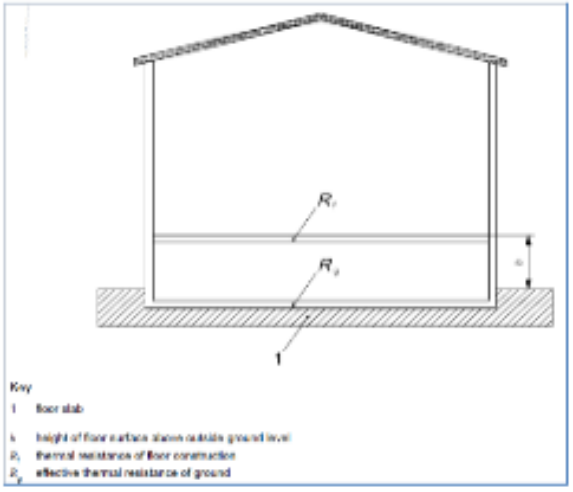
Superestrutura do edifício

Elemento estrutural	Variante 1 Estrutura mista	Variante 2 Estrutura em betão	Variante 3 Eco-otimizada
Seções em aço	239.9 t	1199 t	197.1 t
Ligações chapa metálica	14.994 t	59.1 t	11.827 t
Estrutura em betão	Betão C30/37 1941 t Armaduras 44.16 t	Betão C30/37 1941 t Armaduras 44.16 t	/
Estrutura em aço	/	/	Seções em aço 75.46 t Ligações chapa metálica 6.037 t

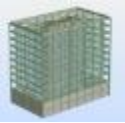
Lajes de pavimento do edifício

Elemento estrutural	Variante 1 Estrutura mista	Variante 2 Estrutura em betão	Variante 3 Eco-otimizada
Elementos em aço	Cofraplus 60 : 70.6 t	/	Cofraplus 60 : 70.6 t
Altura total	150 mm	240 mm + 70mm of screed	150 mm
Pavimento betão	2246 t	4688 t	2246 t
Armaduras	16.56 t	16.56 t	16.56 t

Steel elements		
Type of slab	Composite slab	
Steel deck	Cofraplus 60	
Thickness of the deck	0.750	mm
Mass of sheeting per m2 of floor	8.53	kg/m²
Mass of sheeting for the building	70.6	t
Minimum depth of the floor	100	mm
Concrete elements		
Total depth of the floor	150.0	mm
Concrete Type	In-situ/Poured	
Concrete Grade	C30/37	
Total mass of the floor concrete (incl. base floor)	2735	t
Steel reinforcement	0.0	t
Total mass of the floor slabs	2805	t



Transporte



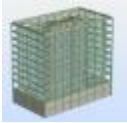
- Transporte do aço:
  - Peso Total: 369.6 t
  - Transporte: 500 km por camião regular
- Transporte do betão:
  - Peso Total: 4676 t
  - Transporte: 50km por betoneira

Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport | Results

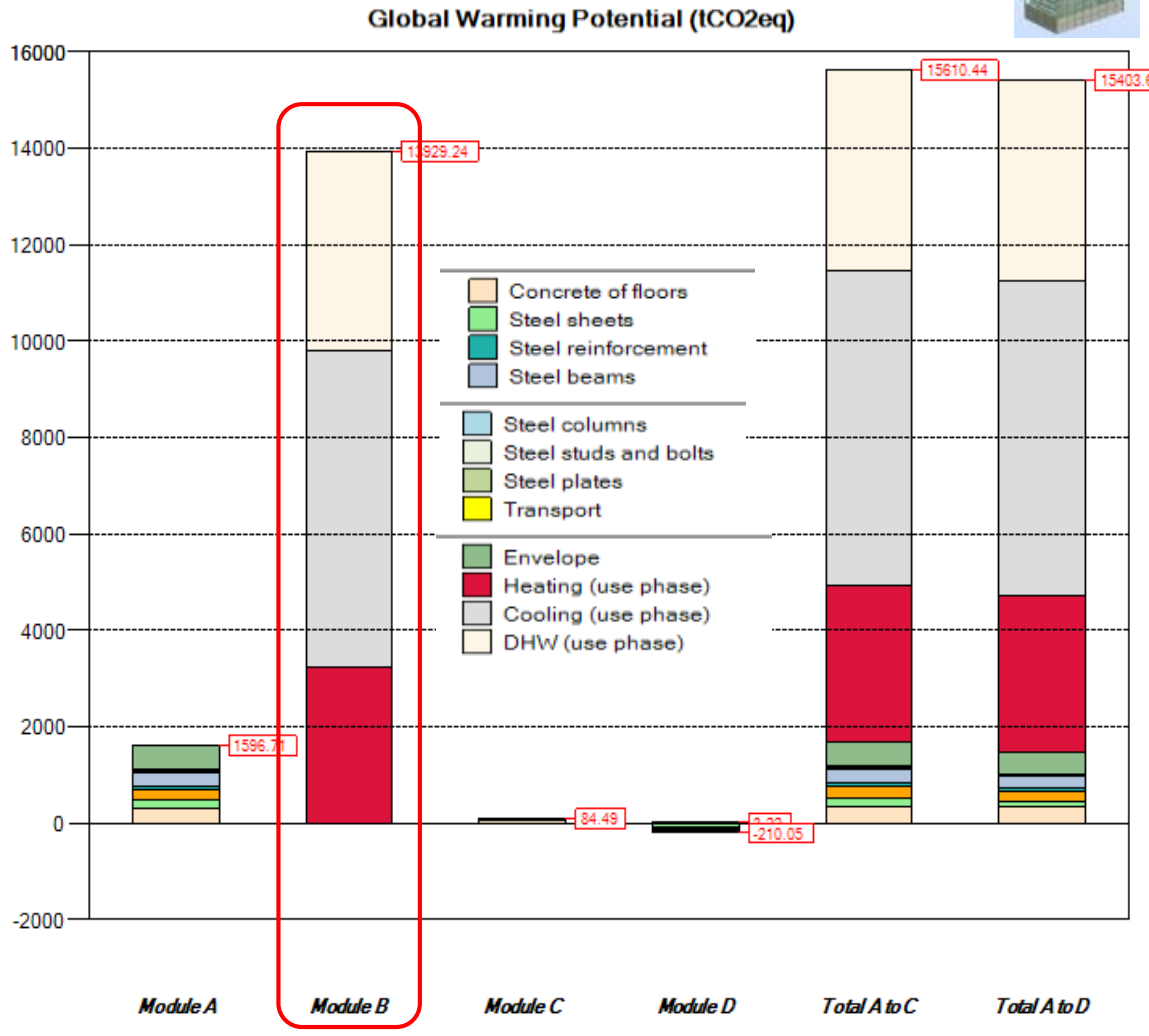
Transport parameters

Steel elements		
Total steel transported	369.6	t
Values for the transport impacts	User values	
Mass transported by electric train	0.0	t
Distance	0.0	km
Mass transported by regular trucks	369.6	t
Distance	500	km
Concrete elements		
Total concrete transported	4676	t
Concrete produced on site	4676	t
Distance by mixer trucks	50.0	km
Prefabricated concrete	0.0	t
Distance by regular trucks	0.0	km

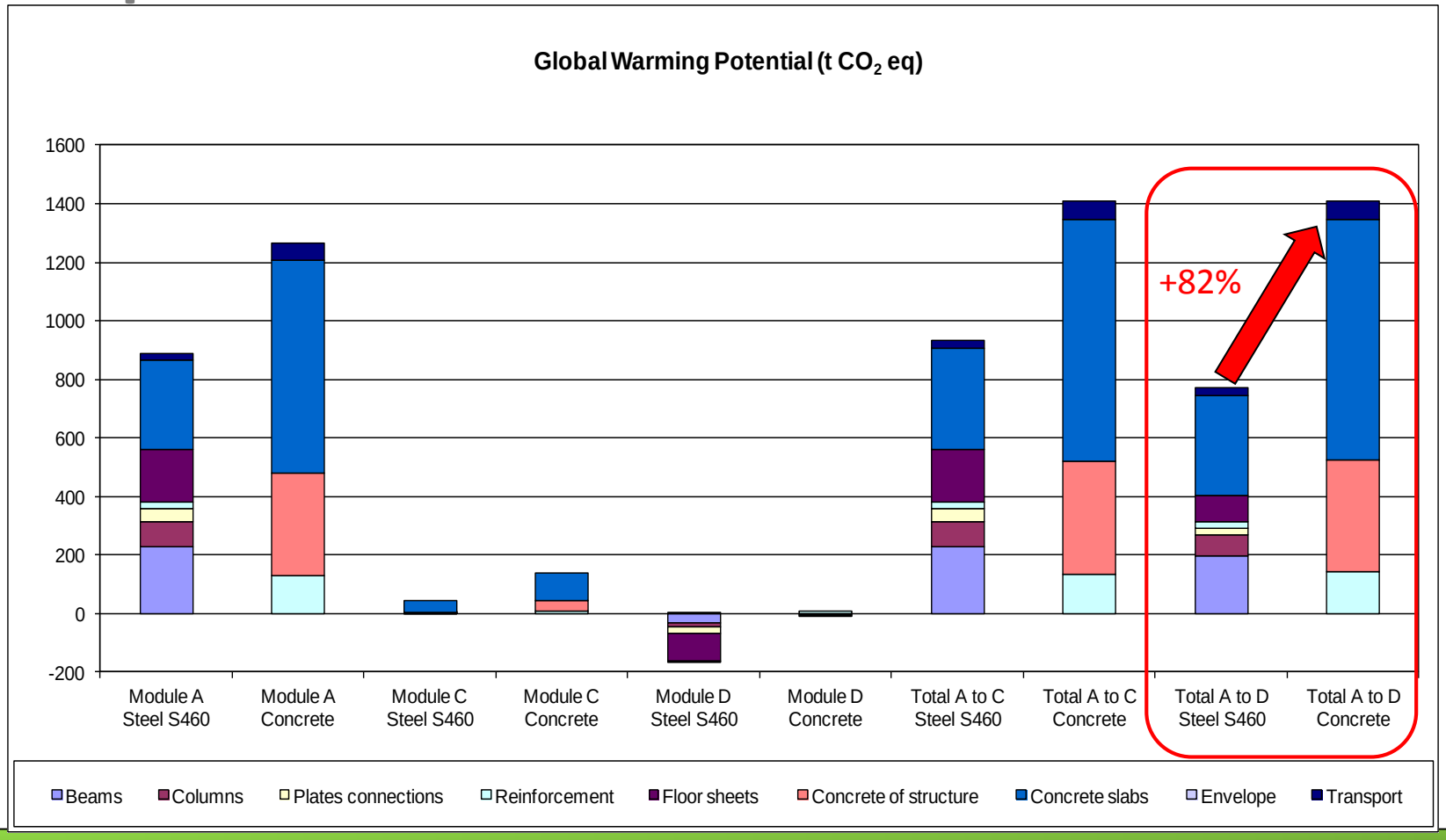
Resultados globais para o edifício



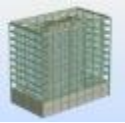
- Fase de utilização (módulo B) contabiliza cerca de 91% do impacte global de GWP, para qualquer tipo de estrutura



Resultados: estrutura em aço vs betão, impactes GWP



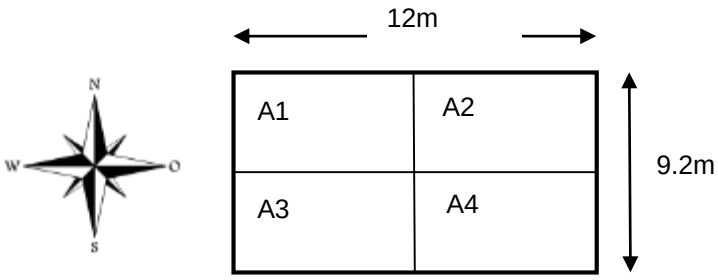
Resultados: conclusões

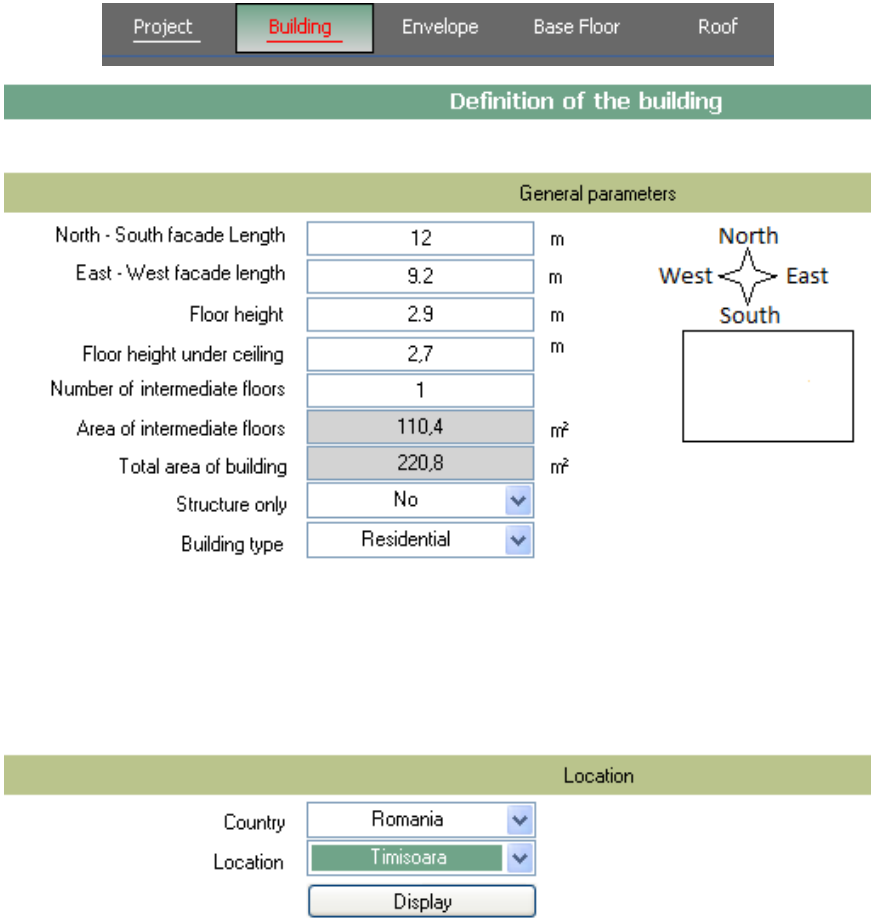


- O sistema estrutural tem pequena relevância nos impactes ambientais globais do edifício, em comparação a fase de utilização do edifício.
- A utilização de estruturas mistas em aço-betão é vantajosa ambientalmente, pois permite tirar partido dos pontos fortes de cada um dos materiais.
- As estruturas tornam-se mais sustentáveis devido à reciclagem dos materiais aquando do fim de vida (o aço é infinitamente reciclável e valorização do betão após trituração) = aplicação do Módulo D.
- Minimização da utilização de aço usando aço de elevada resistência.

Edifício residencial: "*CasaBuna*" na Roménia

Definição do edifício





- 4 apartamentos de 55m² area líquida, em 2 pisos.
- Localizado em Timisoara(RO)

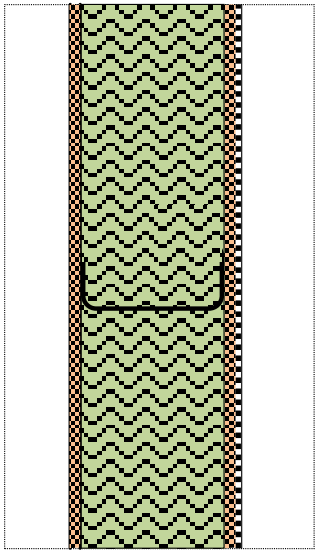
Elementos da envolvente

	North/South [m²]	West/East [m²]	Sum [m²]
Walls	47	41	87
Glazing	22	12	34
Total areas	69	53	122

Definition of the building enveloppe

Facade

Direction	North	East	South	West	
Facade area	69.6	53.36	69.6	53.36	m²
Opening area	22	12	22	12	%

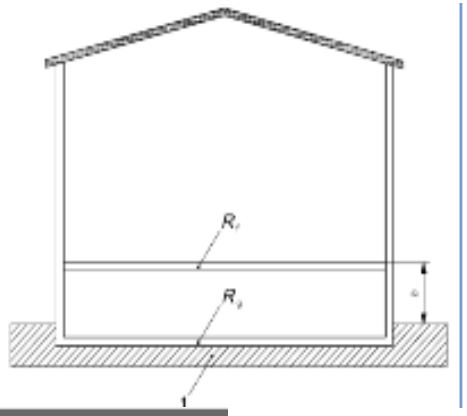


- Façada: painéis leves em aço leve, isolados com 120 mm de lã de rocha
- Janelas: vidros duplos e caixilharia em alumínio

Piso térreo e estrutura

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport | Results

- Laje suspensa com 0.2m de espessura em betão armado (0.7t de armaduras)



Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

- Estrutura em LSF incluindo a fachada e cobertura ➡ Não é necessária a utilização de elementos estruturais adicionais

	Steel elements	
Beams (Hot rolled profiles)	0	t
Columns (Hot rolled profiles)	0	t
Studs	0,0	t
Bolts	0	t
Plate Connections	0,0	t
Total mass of structure	0,0	t

Ocupação e equipamentos

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

Edifício residencial →

Occupancy related data

Comfort requirements

Heating set-point temperature	20	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

Description of building systems

Heating system

Heating system type: Gas fuel heater

Cooling system

Cooling type system: No cooling

Mechanical ventilation system

Heat recovery system: No

DHW system

DHW system type: Electric boiler

- Sistema de aquecimento a gás;
- Não tem sistema de arrefecimento;
- Sem ventilação mecânica;
- Caldeira elétrica para produção de AQS.

Transporte

- Transporte do aço:
  - Peso total: 1.583t (armaduras)
  - Transporte: Transporte médio para o aço, para 1t em distância media europeia
- Transporte do betão:
  - Peso total : 52.11t

  (Piso térreo)
  - Transporte: 30km por betoneira

Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport | Results

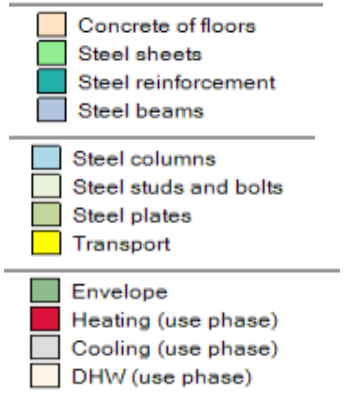
Transport parameters

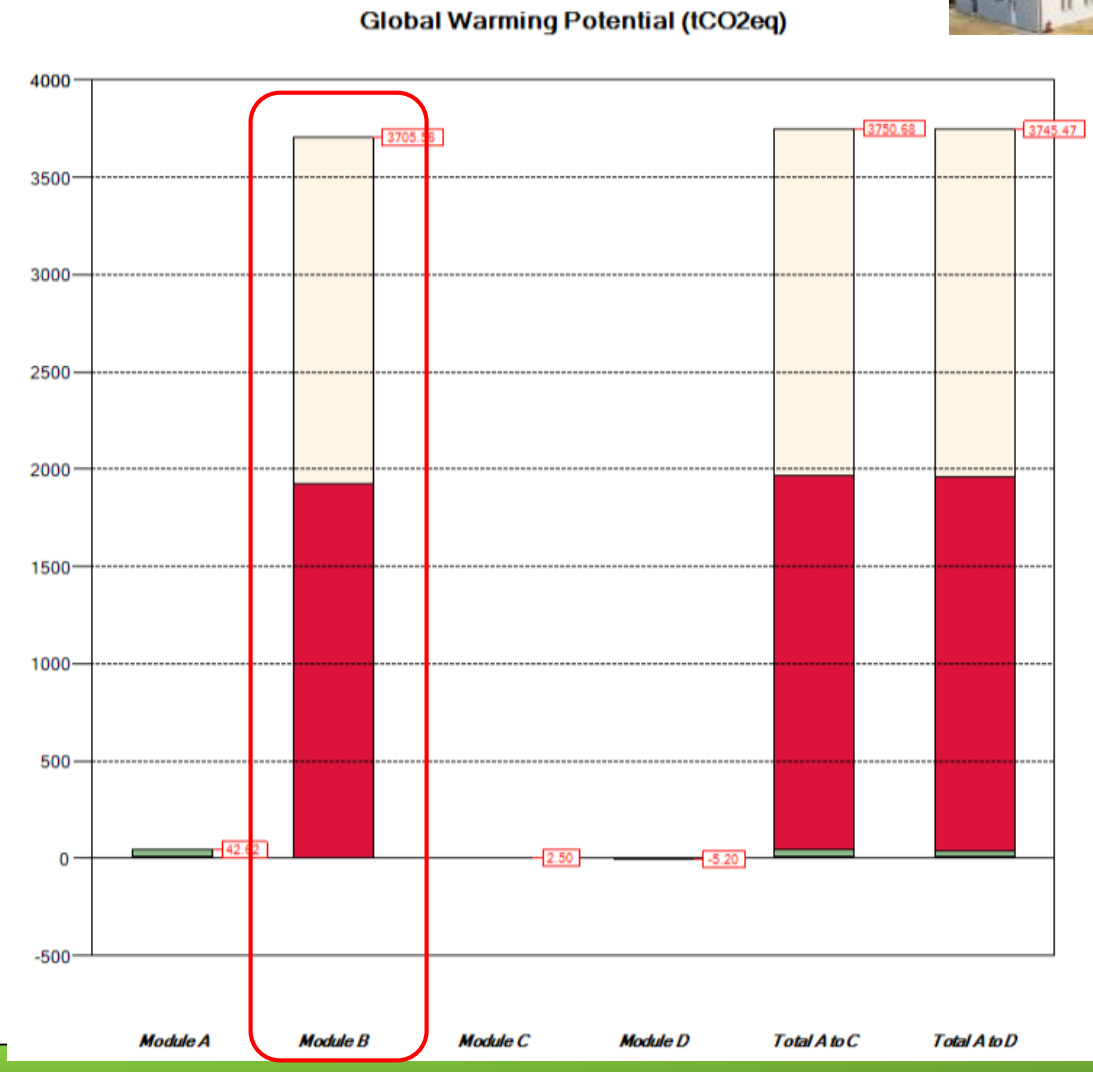
Steel elements		
Total steel transported	1,583	t
Values for the transport impacts	Average values	

Concrete elements		
Total concrete transported	52,11	t
Concrete produced on site	52,11	t
Distance by mixer trucks	30,0	km
Prefabricated concrete	0,0	t
Distance by regular trucks	0,0	km

Resultados globais

- A fase de utilização (módulo B) contém cerca de 99% dos impactes GWP





Energia para aquecimento

Use phase heating

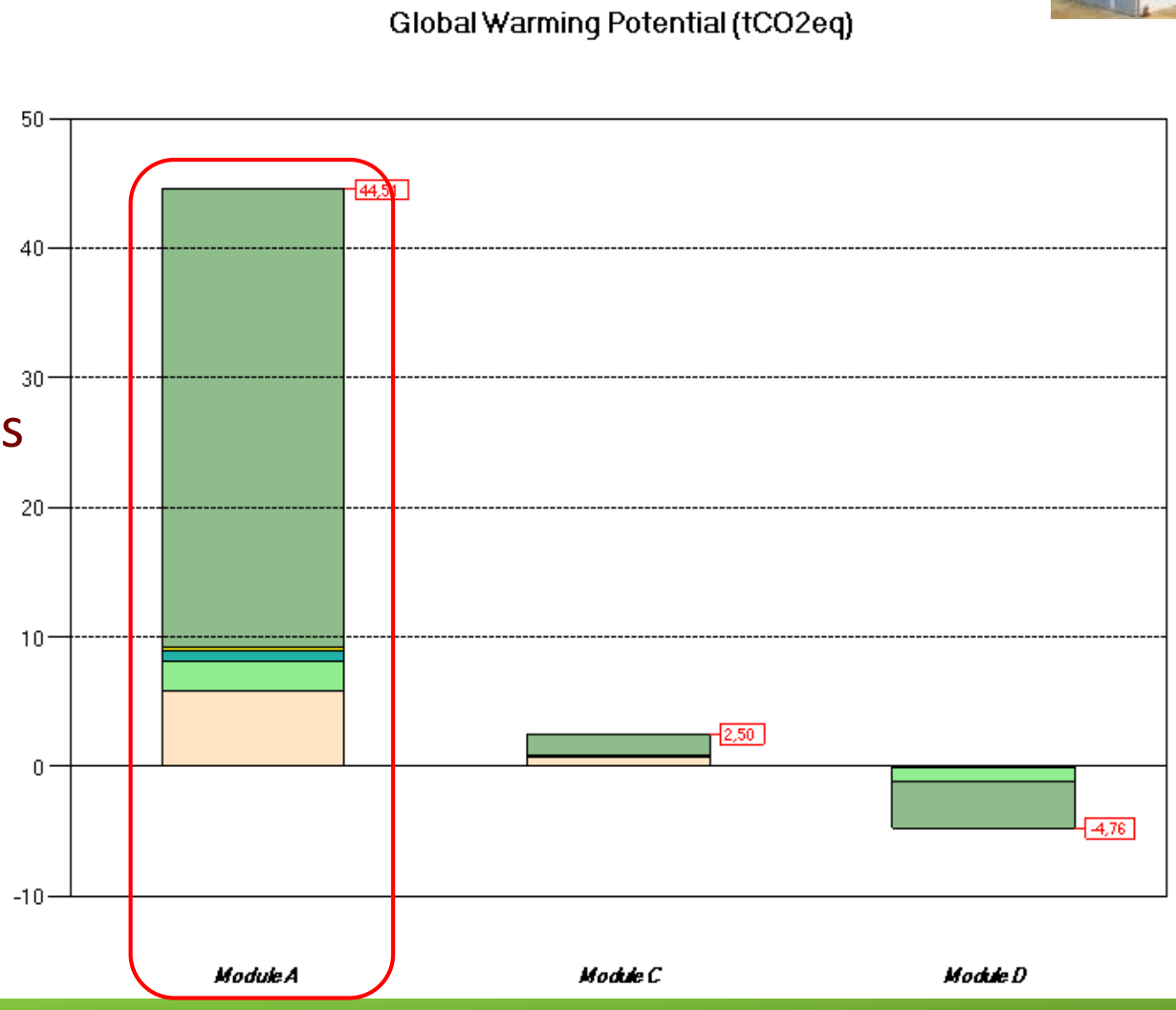
Energy for space heating					
Heat transfer by transmission					
Walls	Glazing	Ext Floor	Roof	Ground	Total
kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year	kWh/year
4845.1	5968.3	0.0	3328.8	3008.7	16882.1
Heat Transfer by ventilation			Heat gains		
Ventilation			Glazed	Opaque	Internal
kWh/year			kWh/year	kWh/year	kWh/year
8963.6			14064.4	783.0	10757.0

Energy need for heating												
Qh,nd	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
kWh	911.2	606.4	435.1	129.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.9	454.8	816.6
kWh/m²	4.1	2.7	2.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.1	3.7

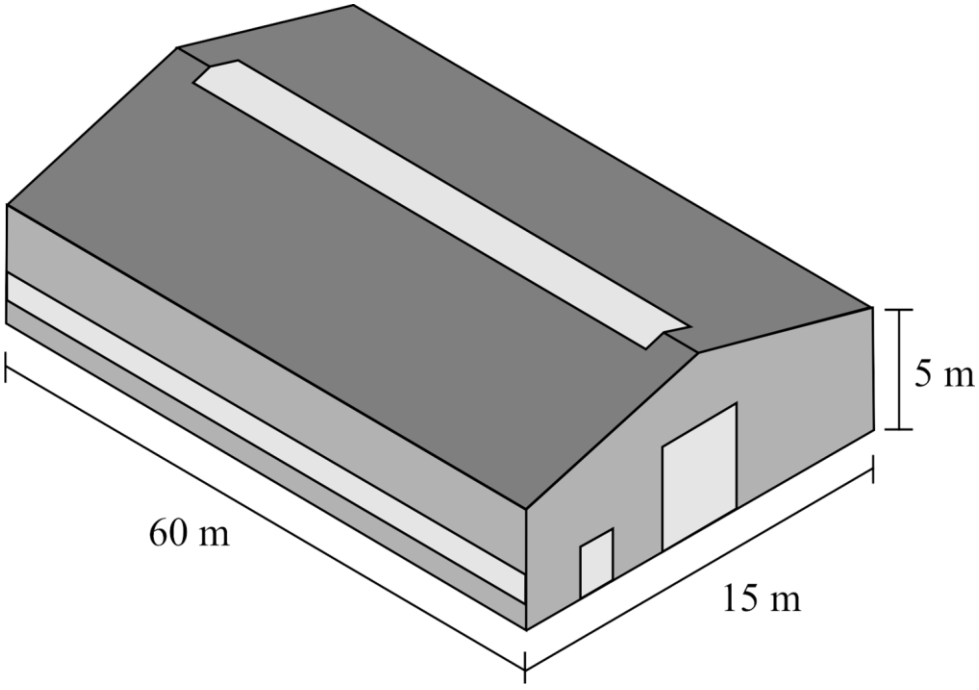
Energy Breakdowns		
Building totals for heating		
Energy need	3454.2	kWh/year
	15.6	kWh/m²/year
Delivered energy	3970.4	kWh/year
COP : 0.87	18.0	kWh/m²/year
Primary	341.5	kgoe/year
fconv : 0.086	1.5	kgoe/m²/year

Resultados: impactes dos materiais

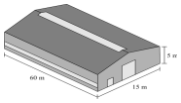
- Os materiais da envolvente do edifício contêm 79% dos impactes GWP para a fase do produto e processamento (módulo A)



Edifício Industrial: estrutura mista em Paris



Objetivos

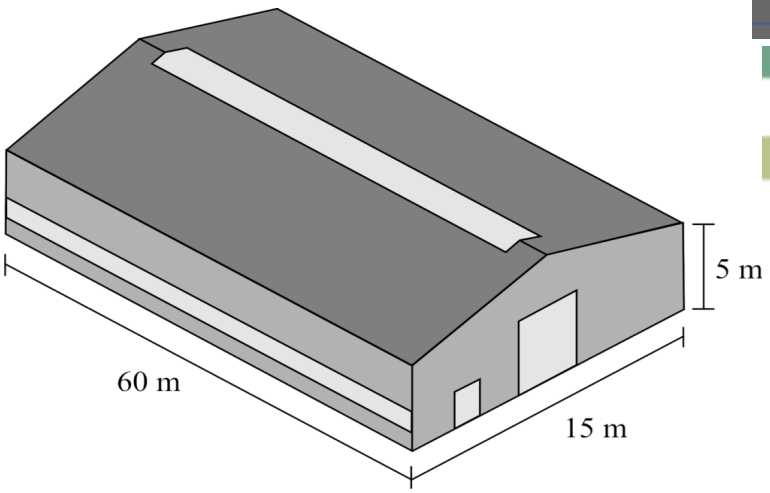


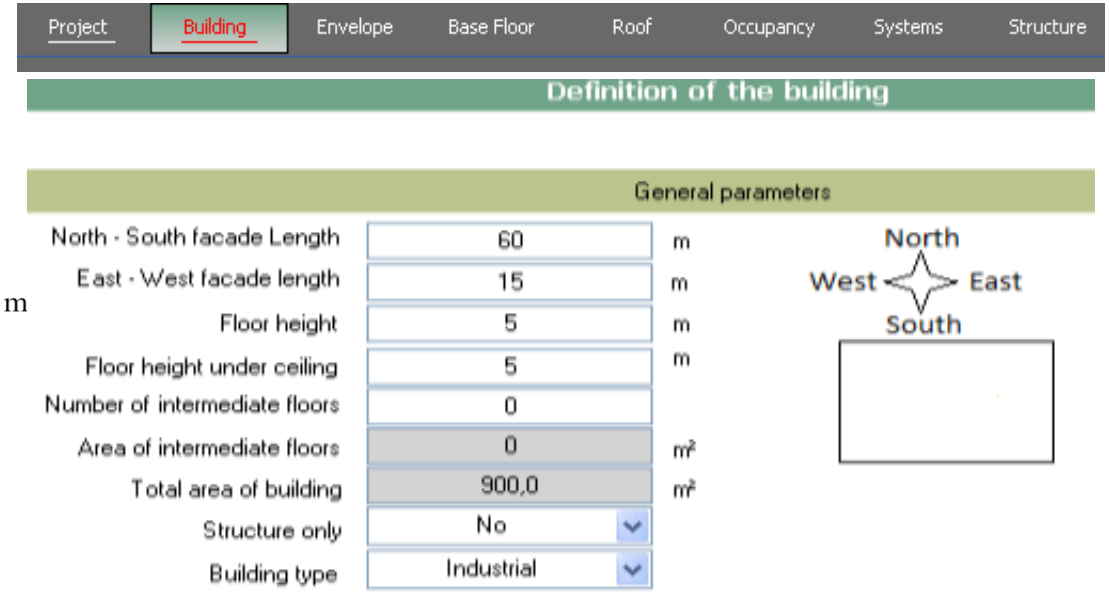
Comparar a ACV de um edifício industrial para 2 sistemas estruturais:

- Estrutura metálica constituída por perfis laminados a quente (S235 e S460);

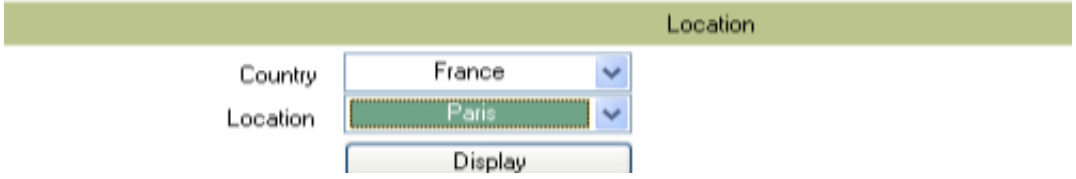
- Estrutura prefabricada em betão armado.

Definição do edifício

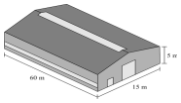




- Pavilhão industrial: 900m²
- Localizado em Paris



Elementos da envolvente



- **Fachada**: Painéis tipo sandwich com 80mm de PUR

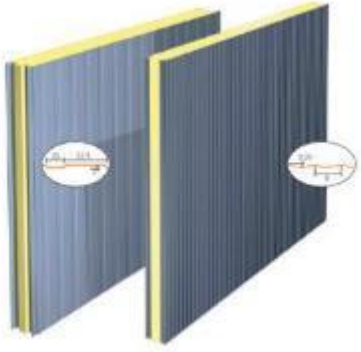
Solução alternativa: Painéis tipo sandwich com 200mm de PUR

- **Janelas**: Vidro duplo e caixilharia em alumínio

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure

Facade properties

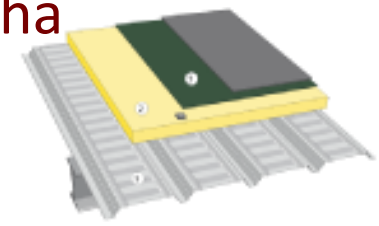
Wall type	Sandwich panel (PUR 80 mm)	
U-value for walls	0,3	W/(m².K)
Opening type	Double glazing	
U-value for openings	2,9	W/(m².K)
Shading device type	No shading device	
Shutter type	No shutter	



- **Cobertura**:
  Tela de impermeabilização e 140mm de lã de rocha

Roof

Roof type	Waterproof membrane	
U-value for the roof (flat part)	0,31	W/(m².K)



Piso térreo

Elemento estrutural	Variante 1 Aço S235	Variante 2 Aço S460	Variante 3 Betão prefabricado
Piso térreo	Betão: 425.7 kg Armaduras: 14.4 t		

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport | Results

Base floor

U-value for the base floor	0.44	W/(m².K)
Base floor type	Slab on Ground Floor	
Thickness of concret base floor	0.2	m
Mass of reinforcing steel	14.4	t
Internal heat capacity of ground	74612	J/(m².K)
Internal heat capacity of intermediate floor	0	J/(m².K)
Internal heat capacity of internal wall	0	J/(m².K)

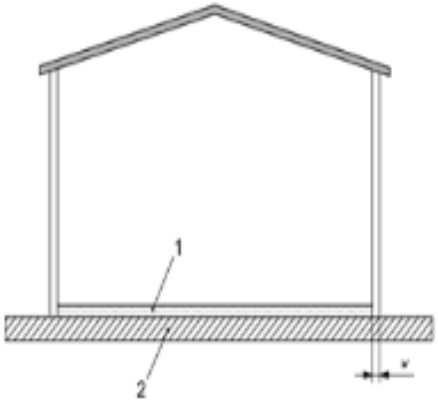
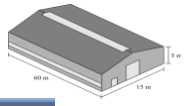


Figure 1 — Schematic diagram of slab-on-ground floor

Ocupação e equipamentos



Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

Edifício industrial →

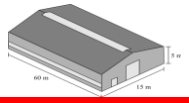
Comfort requirements		
Heating set-point temperature	18	°C
Cooling set-point temperature	26	°C
Air-flow-rate (heating mode)	0,6	ac/h
Air-flow-rate (cooling mode)	1	ac/h

Project | Building | Envelope | Base Floor | Roof | Occupancy | Systems | Structure | Floors | Transport

- Sistema de aquecimento: um aquecedor de gás
- Sem sistema de arrefecimento
- Sem ventilação mecânica
- Sem sistema de AQS

Description of building systems	
Heating system	
Heating system type	Gas fuel heater
Cooling system	
Cooling type system	No cooling
Mechanical ventilation system	
Heat recovery system	No
DHW system	
DHW system type	No DHW

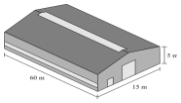
Tipo de estrutura



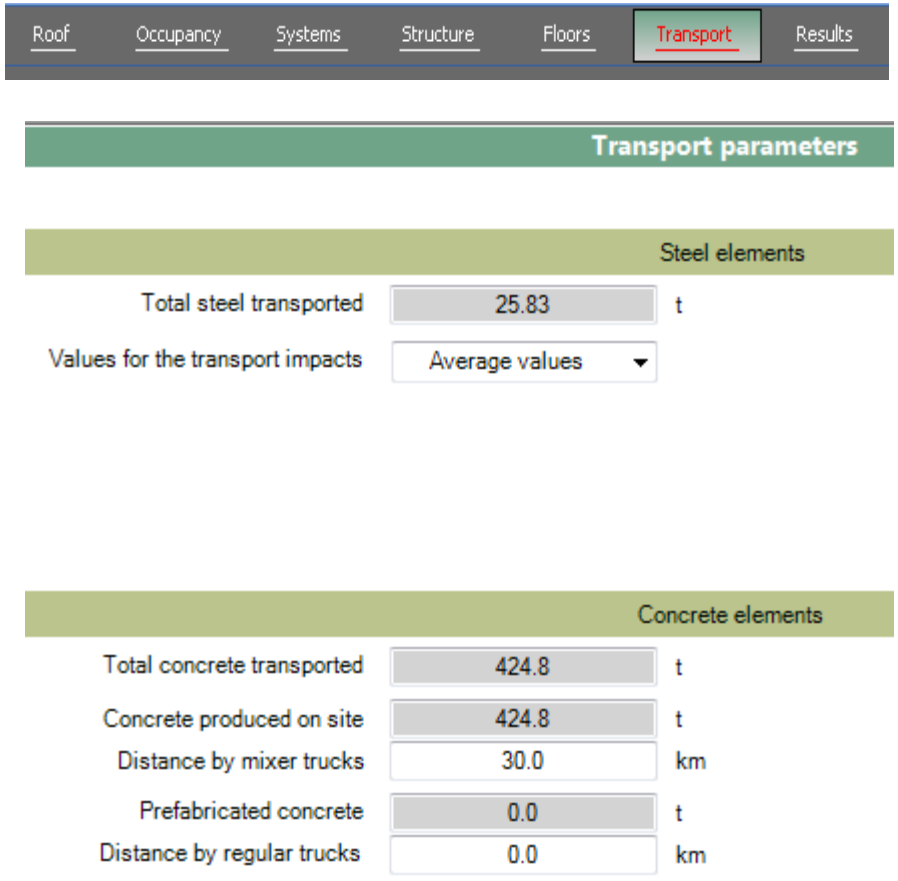
Elemento estrutural	Variante 1 Aço S235	Variante 2 Aço S460	Variante 3 Betão prefabricado
Vigas	IPE 450 (6.88t)	IPE 330 (4.33 t)	Precast concrete unit T80 (34.19 t) Reinforcement BSt500 202.5 kg/m³ (2.93 t)
Pilares	Primary : IPE400 Secondary : HEA480 (4.17 t)	Primary : IPE400 Secondary : HEA480 (4.17 t)	Concrete section 0.4x0.4m C30/37 (30.12 t) Reinforcement BSt500 108.1 kg/m³ (1.38 t)
Parafusos	43 kg		/
Chapas de ligação	336 kg		/

	Steel elements	
Beams (Hot rolled profiles)	4,330	t
Columns (Hot rolled profiles)	4,170	t
Studs	0,0	t
Bolts	0,043	t
Plate Connections	0,336	t
Total mass of structure	8,879	t

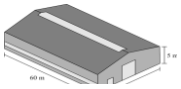
Transporte



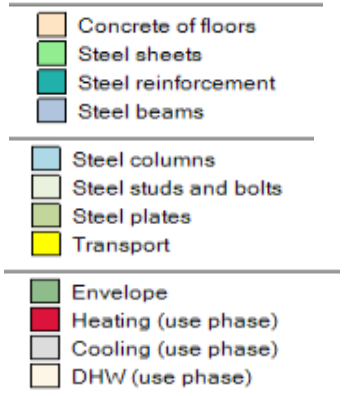
- Transporte do aço:
  - **Peso total:**
    25.83t em vigas, pilares e ligações
  - **Transporte:**
    Valor médio Europeu para o aço
- Transporte do betão:
  - **Peso total:**
    424.8t em vigas e pilares
  - **Transporte:**
    30km por autobetoneiras

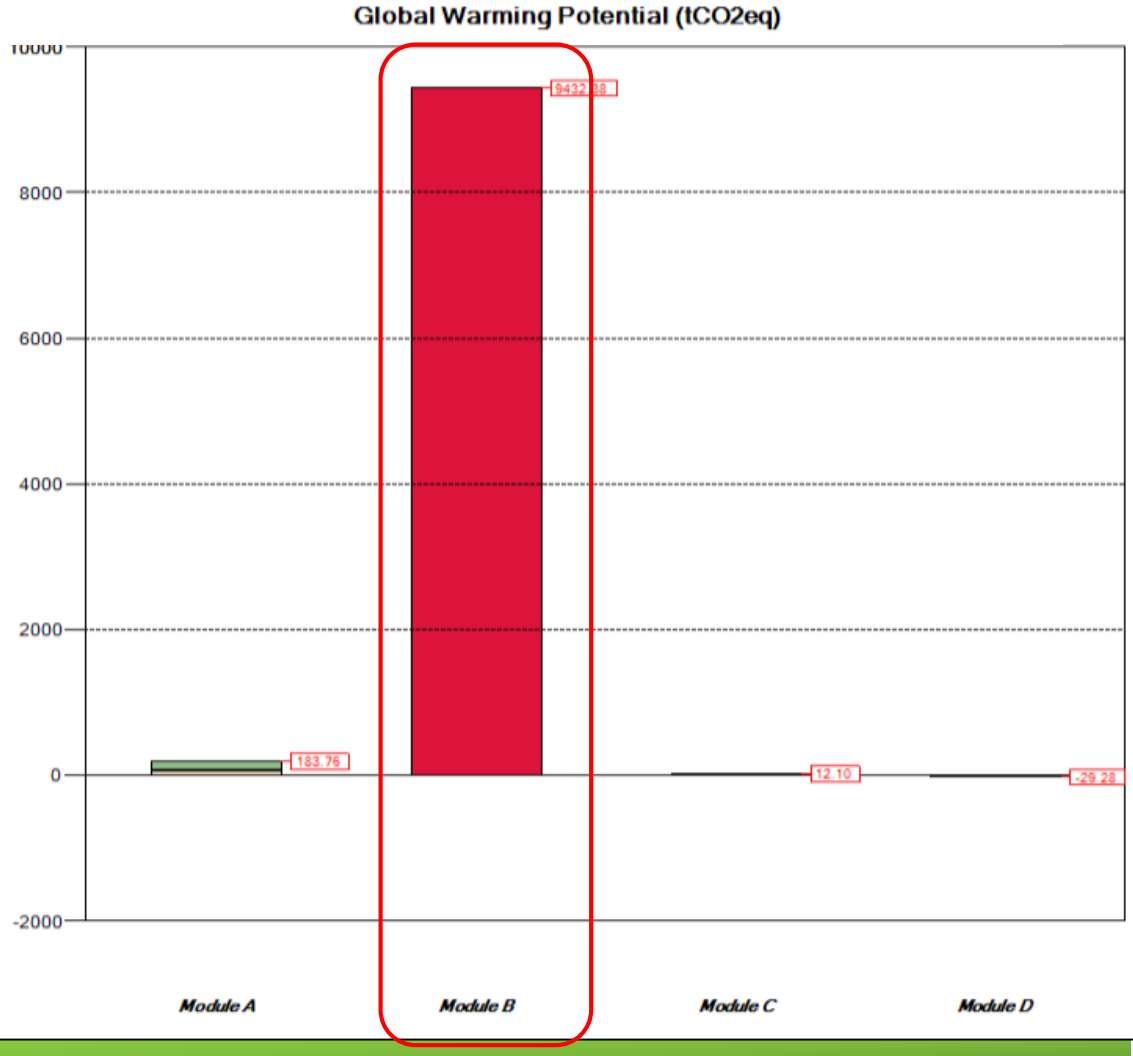


Resultados globais

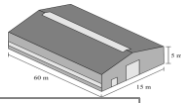


- A fase de utilização (módulo B) possui cerca de 99% dos impactes GWP, para qualquer um dos tipos de estrutura.

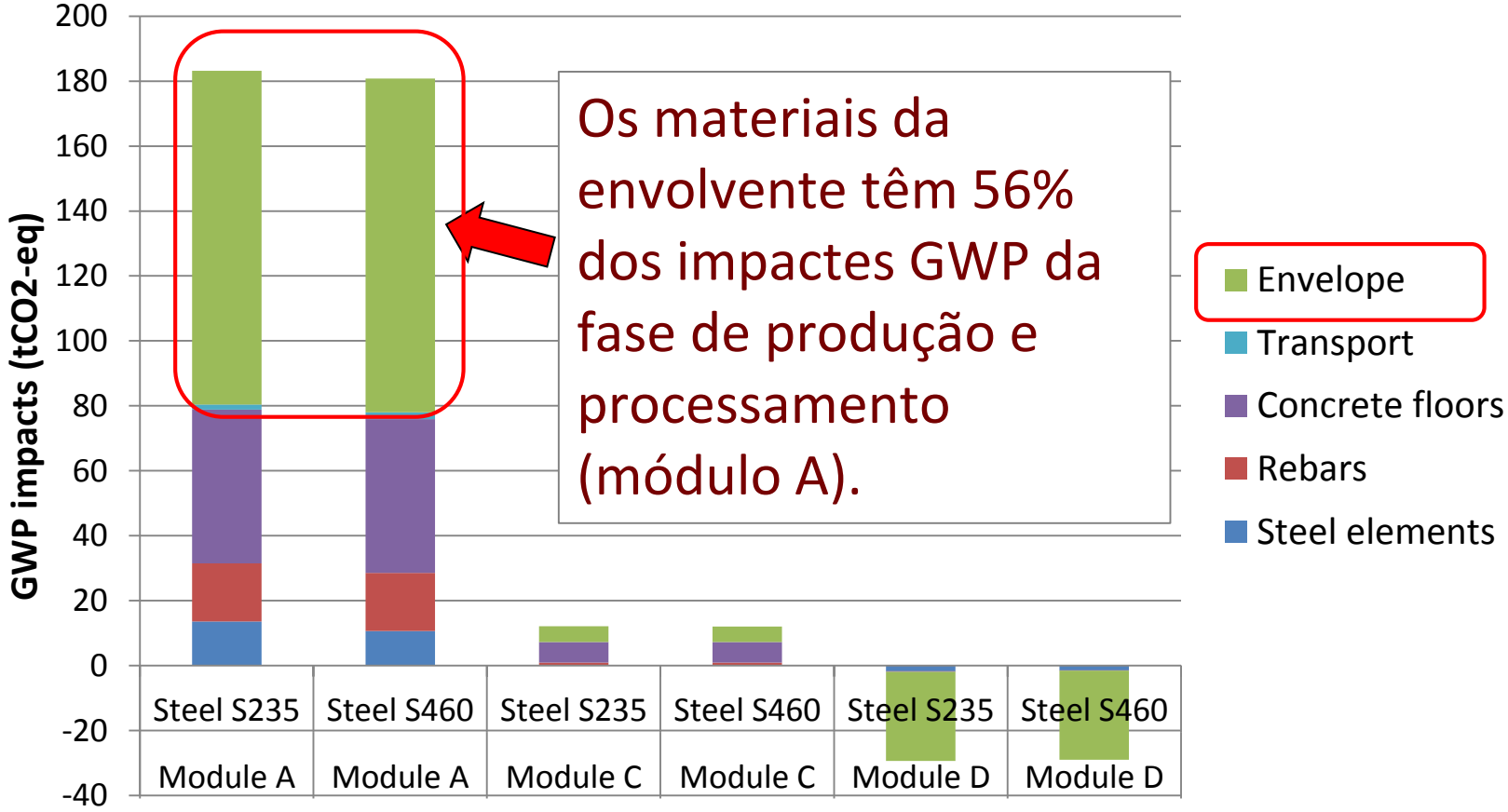




Resultados: estruturas em aço

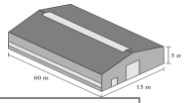


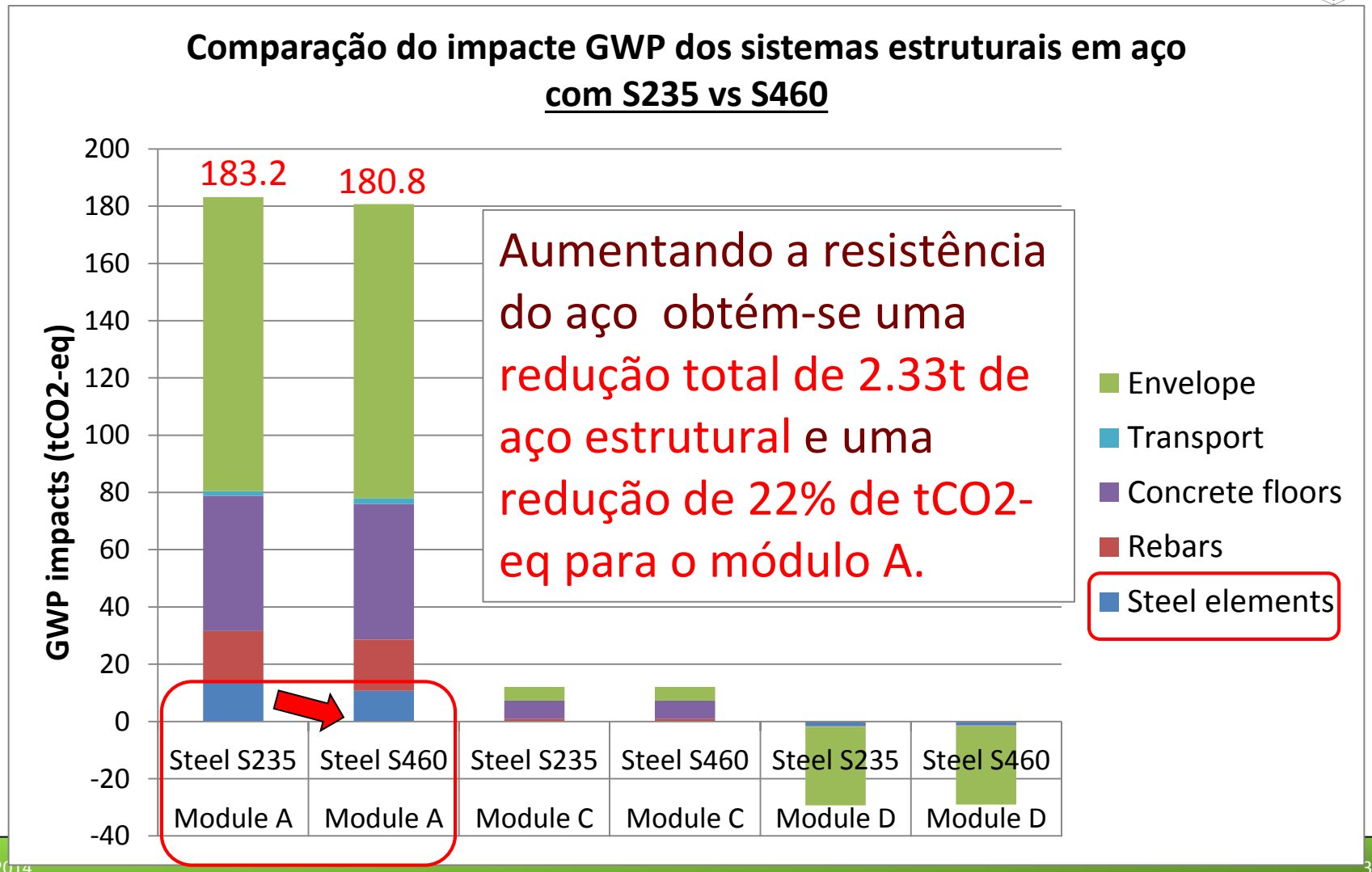
Comparação do impacte GWP dos sistemas estruturais em aço com S235 vs S460



Os materiais da envolvente têm 56% dos impactes GWP da fase de produção e processamento (módulo A).

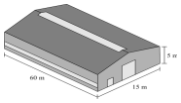
Resultados: estruturas em aço





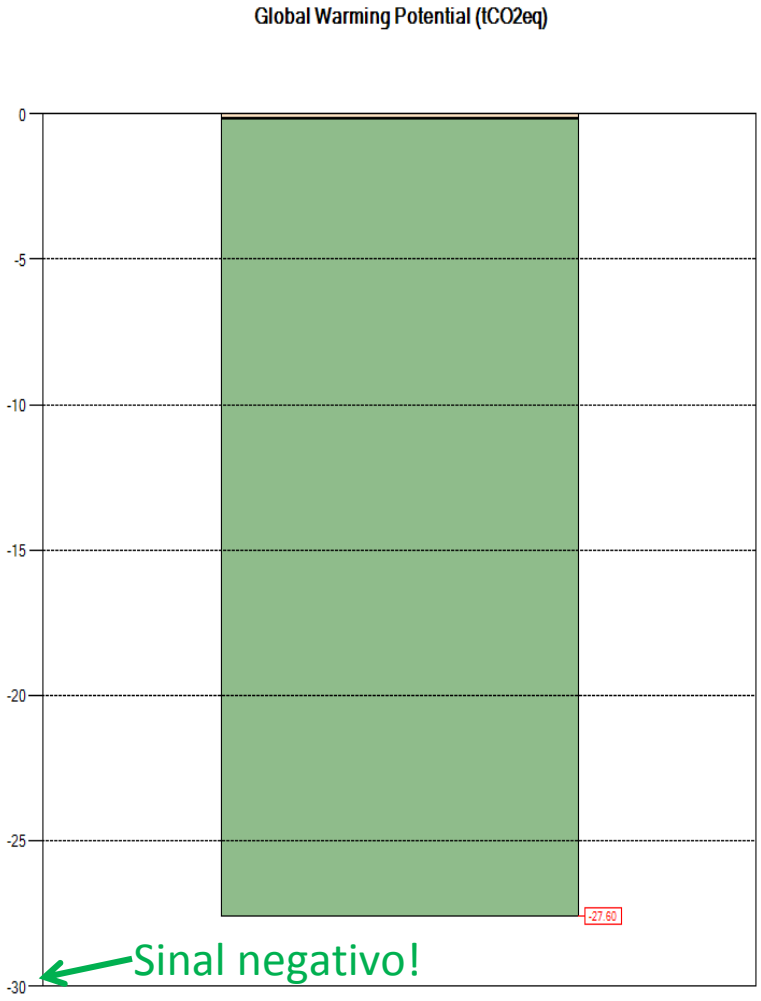
Aumentando a resistência do aço obtém-se uma redução total de 2.33t de aço estrutural e uma redução de 22% de tCO2-eq para o módulo A.

Resultados: Modulo D, estrutura em aço S460



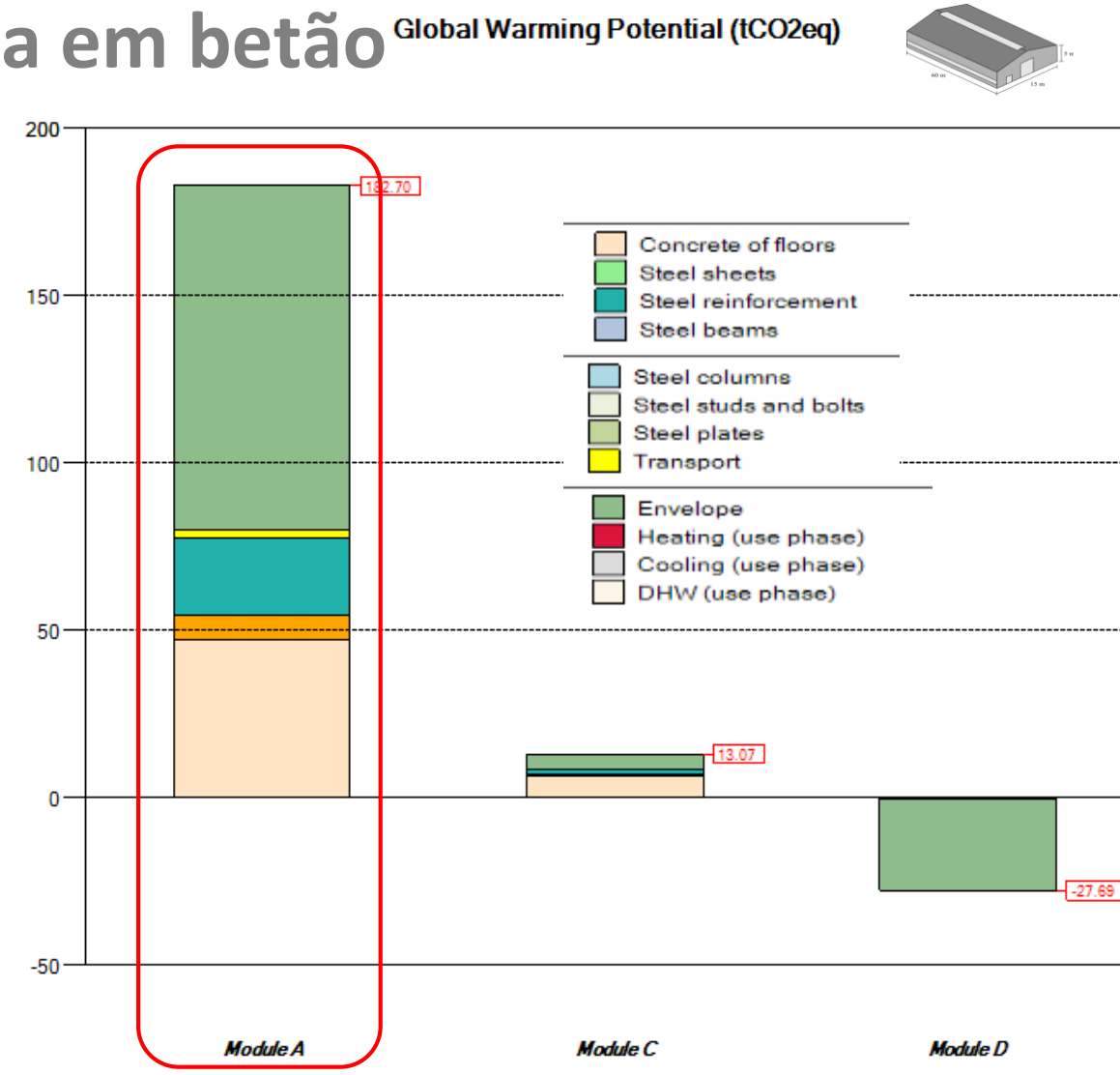
- Os benefícios resultantes da reciclagem (módulo D) da estrutura em aço S460 permitem obter uma redução total no GWP impacte de -27.60 tCO_2-eq.

- Para além do aço estrutural laminado a quente também se considerou a reciclagem do aço constituinte da envolvente: perfis em LSF e chapas perfiladas da cobertura.

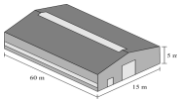


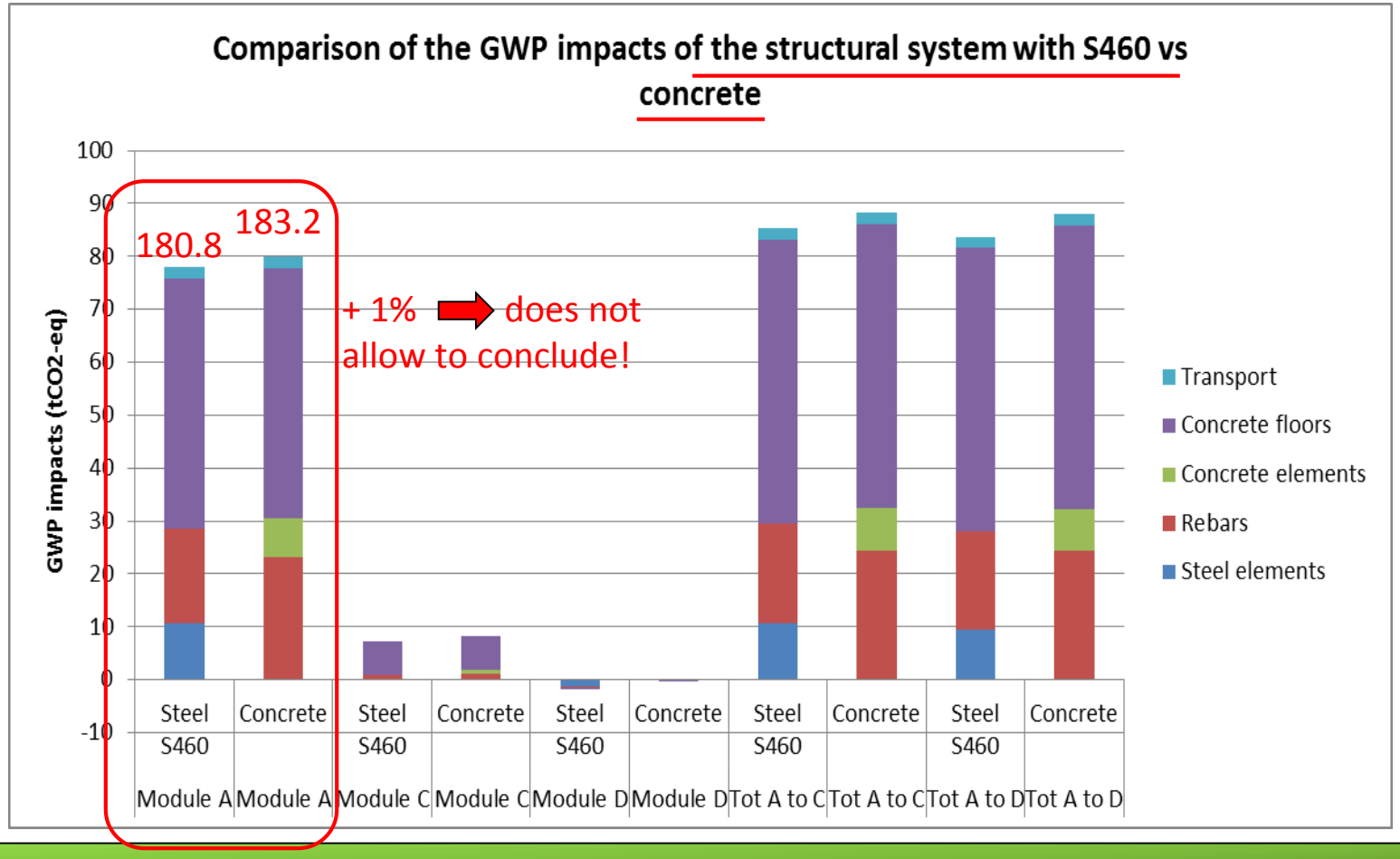
Resultados: estrutura em betão

- O módulo A tem um impacte GWP de 182.70t CO_2-eq.
- Os impactes totais GWP devido ao sistema estrutural são 79.94 tCO_2-eq.

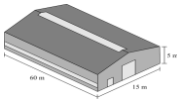


Resultados: estrutura em aço vs betão, impactes GWP

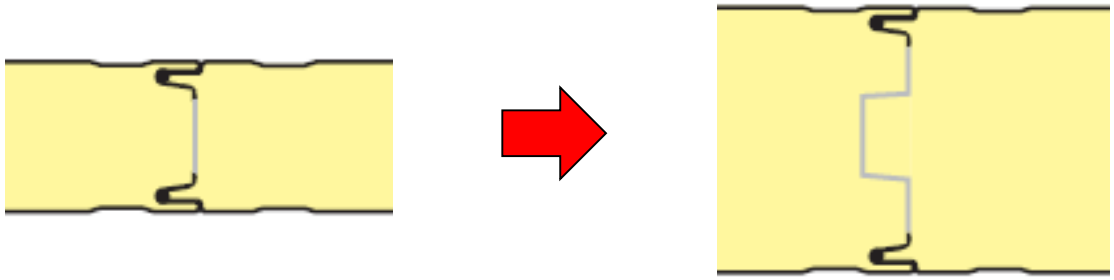




Benefícios ambientais devido ao aumento da espessura de isolamento



80 mm



200 mm

- Grande facilidade de utilização do AMECO3;
- Fase de utilização (módulo B): poupança de 888 tCO2-eq;
- Fase de produto e processamento (módulo A): aumento de 13.12 t CO_2-eq, devido à quantidade extra de isolamento térmico;

➢ Este aumento é insignificante quando comparado a redução do consumo de energia operacional, realçando as vantagens da melhoria da eficiência energética do edifício.