

Tarde Técnica

Climatização de DataCenters

Climatização de DataCenters, um novo paradigma.

Carlos Lisboa

NAVITAS

carlos.lisboa@blcnavitas.pt

Office +351 214 415 546

Cell +351 919 263 880

Objetivos de aprendizagem

- Requisitos ambientais em DataCenters (DC);
- Cargas térmicas atuais em DC;
- Índices de eficiência energética em DC;
- “Gestão de ar” dentro do DC;
- Soluções e tecnologias de refrigeração para DC;
- Layout de DC;
- Monitoração e gestão de energia em DC;
- Requisitos de Uptime em DC;
- ANSI/ASHRAE 90.4-2016, eficiência energética DC.

Energia usada em DataCenters

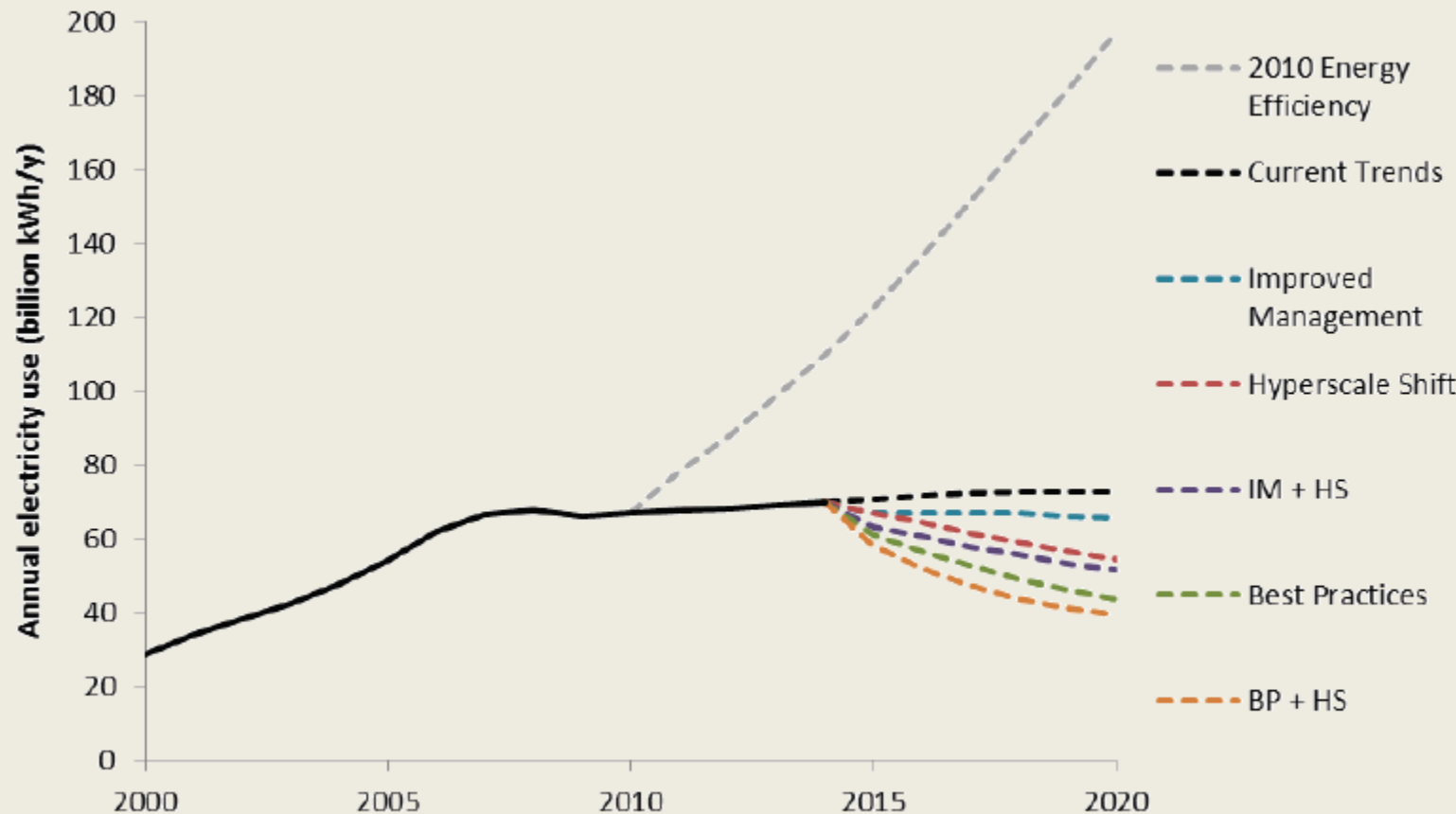


Figure ES-1 Projected Data Center Total Electricity Use
United States Data Center Energy Usage Report, LBNL, June 2016

Energia usada em DataCenters

- 2% do consumo total de eletricidade;
- > 400TWh de energia, > consumo Reino Unido;

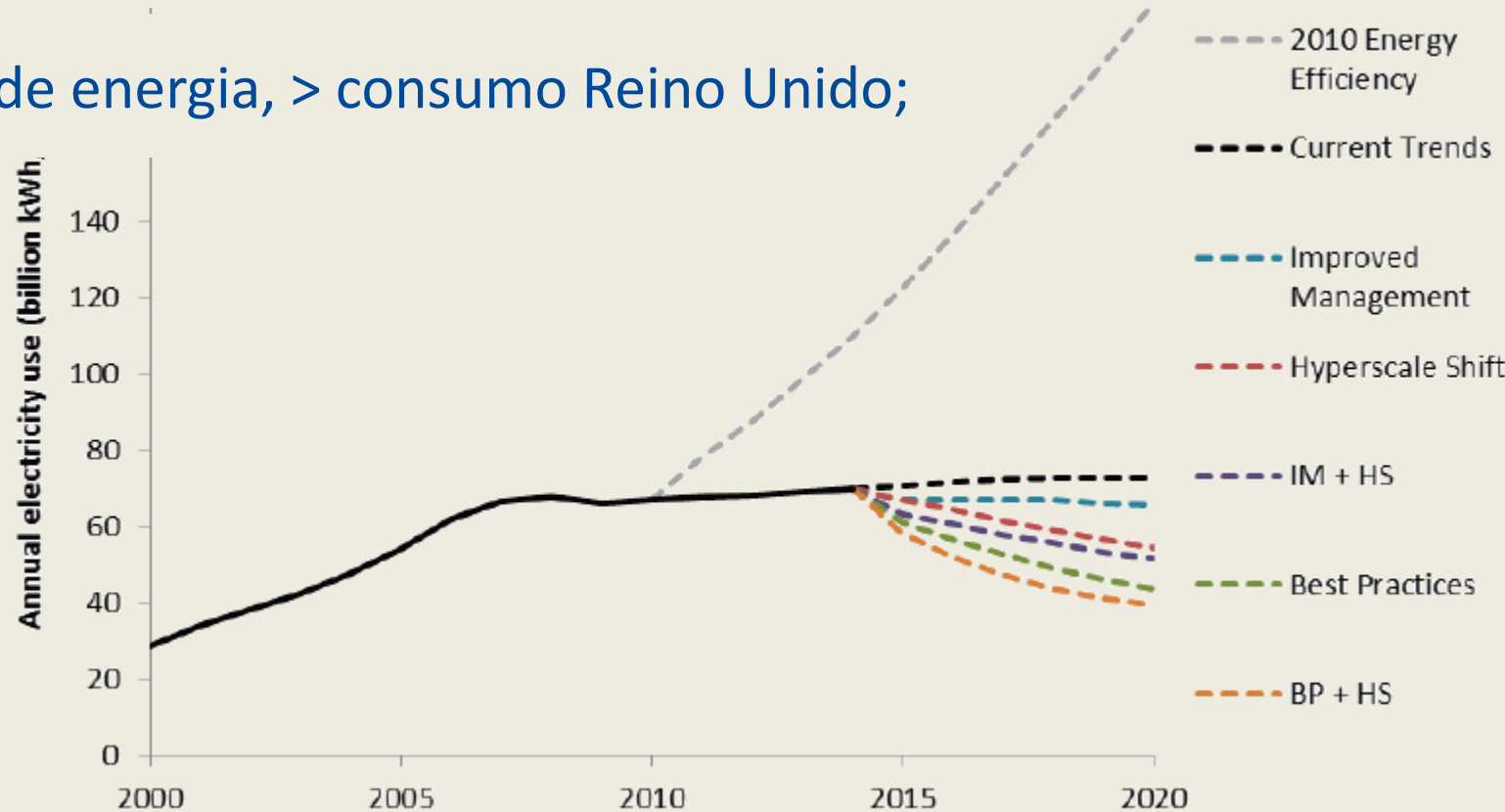


Figure ES-1 Projected Data Center Total Electricity Use
United States Data Center Energy Usage Report, LBNL, June 2016

Requisitos ambientais

Paradigma anterior:

- Controlo preciso das condições ambientais da sala;
- Temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- Humidade de $50\% \pm 5\%$.

Aplicação de unidades de “Close Control”

Requisitos ambientais

COMPAQ

AlphaServer 4100
V3.10 March 13, 2000
Systems and Options Catalog

As condições ambientais de projeto de AVAC não estavam coerentes com os requisitos ambientais dos equipamentos.

Environmental

Temperature (min/max)

Operating¹

10°C - 40°C (50°F - 104°F)

Nonoperating

-40°C - 66°C (-40°F - 150.8°F)

Storage (60 days)

-40°C - 66°C (-40°F - 150.8°F)

Rate of Change

11°C - 19.8°C/hr (20°F - 36°F/hr)

Relative Humidity

Operating

20%-90% noncondensing

Nonoperating

10%-95%

Storage (60 days)

10%-95%

4100 Max Heat Dissipation

1800² W, 6143 BTU/hr

4000 Max Heat Dissipation

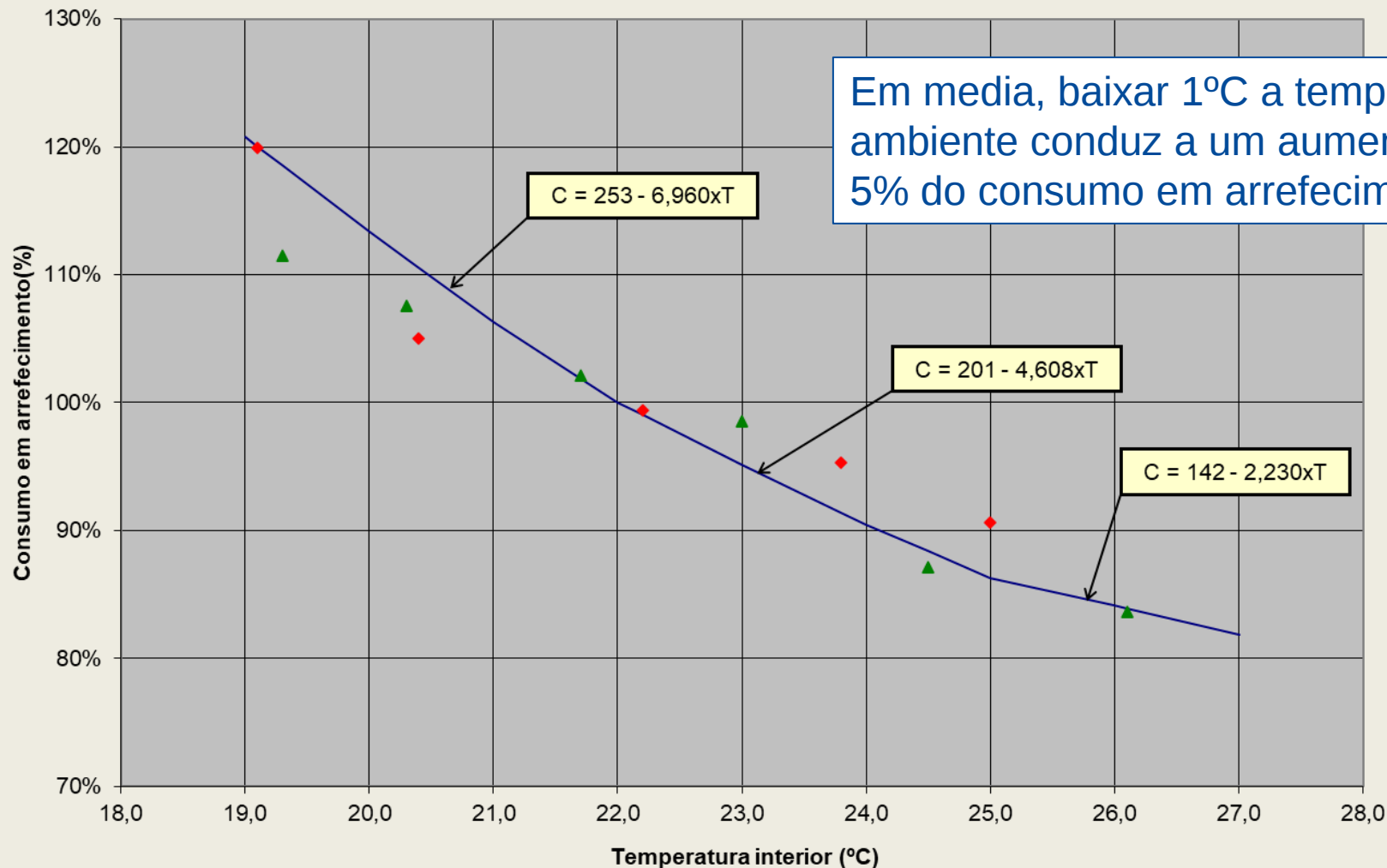
1450² W, 6143 BTU/hr

Requisitos ambientais

grupo	referência	quantidade	Temperatura (°C)				Humidade (%)			
			operating		non operating		operating		non operating	
			min	Máx	min	Máx	min	Máx	min	Máx
UNIX	GS320	1	5	35	-40	66	10	90	10	95
UNIX	ES40	6	10	35	-40	66	20	80	20	80
UNIX	GS80	4	5	35	-40	66	10	90	10	95
UNIX	GS60	4	10	35	-40	66	10	90	10	95
UNIX	A4100	4	10	40	-40	66	20	90	10	95
UNIX	A4000	2	10	40	-40	66	20	90	10	95
UNIX	A2100	3	10	40	-40	66	10	90	10	90
UNIX	A2000	2	10	40	não testado		20	80	20	80
UNIX	A8200	1	10	35	-40	66	10	90	10	95
NT	P 1600	2	5	45	omisso		10	80	omisso	
NT	P DL360	4	10	35	-30	50	8	90	5	95
NT	P ML350	2	10	35	-20	60	5	80	5	90
NT	P 5500R	5	10	35	-29	60	20	80	5	90
NT	ML370	10	5	35	-40	85	5	95	5	95
NT	P 800	2	10	35	-30	60	20	80	5	90
NT	P 600	1	10	35	-30	60	20	80	5	90
NT	P 1200	1	10	35	-30	60	20	80	5	90
NT	P 6400	1	10	35	-29	60	20	80	5	90
STORAGE	MA8000/EMA12000	8	10	35	-30	60	10	90	10	95
STORAGE	ESA 12000	6	10	35	omisso		10	90	omisso	
STORAGE	RA 8000	2	10	40	omisso		omisso		omisso	

Requisitos ambientais

Energia em arrefecimento versus temperatura do ambiente interior



TC9.9 – Mission critical facilities

- Constituído em 2004;
- Grupo em que se juntaram, pela primeira vez, os engenheiros de AVAC e os engenheiros dos fabricantes de equipamentos de TI;
- Produção de literatura que revolucionou a forma como se climatizam os DataCenters.

TC9.9 – Mission critical facilities

Chuck Rabe – Hewlett Packard Enterprise
Darrel Gaston – Hewlett Packard Enterprise
Mark Lewis – Hewlett Packard Enterprise
David Mohr – Hewlett Packard Enterprise
Dave Rotheroe – Hewlett Packard Enterprise
Dave Kelley – Emerson Network Power
Eric Wilcox – Emerson Network Power
Kyle Wessels – Emerson Network Power
Jon Fitch – Dell
Al Dutra - Dell
John W. Collins – Eaton
Marc H. Hollingsworth – Eaton
Sturges Wheeler – Eaton
Phillip J. Fischer – Eaton
John Bean – Schneider Electric
Victor Avelar - Schneider Electric
Jay Taylor – Schneider Electric
Marc Cram – Server Technology
Robert Faulkner – Server Technology
Joe Prisco – IBM
Roger Schmidt – IBM
William Brodsky – IBM
Paul Estilow – DLB Associates

Nota de agradecimento
inicial em *White Paper*
do TC9.9

These persons invested a significant amount of their time in conference calls, writing drafts, drawing figures, and editing and reviewing text. Thanks also to Jon Fitch (Dell) for leading the white paper team and making final edits to the paper.

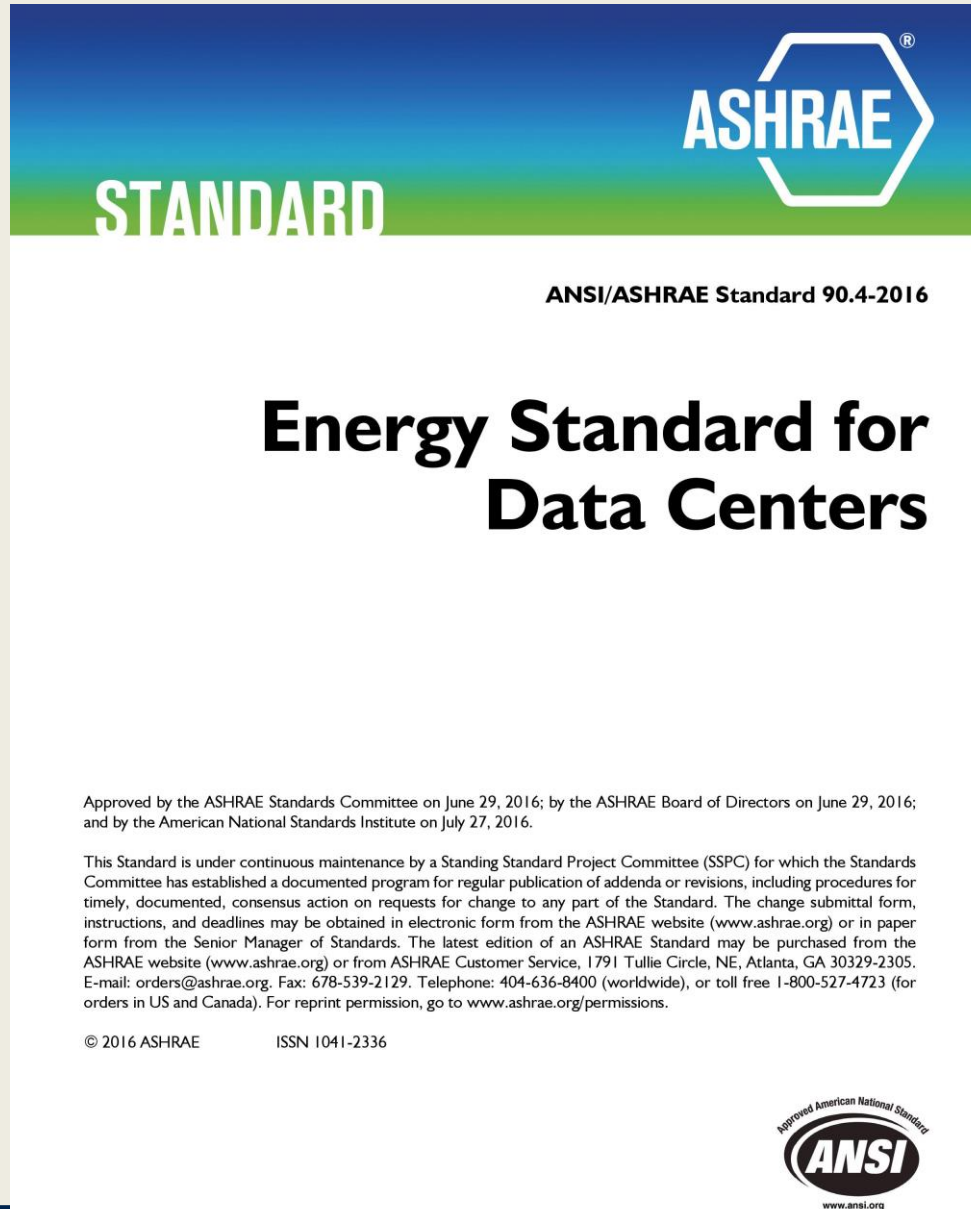
Special thanks to Roger Schmidt for his support on the white paper and for his leadership of the ASHRAE TC9.9 IT sub-committee. Special thanks also to Dave Kelley (Emerson), Paul Artman (Lenovo), John Groenewold (Chase), William Brodsky (IBM), Roger Schmidt (IBM), Terry Rodgers (Primary Integration Solutions), Tom Davidson (DLB Associates), Jason Matteson (Lenovo), Joe Prisco (IBM), and Dustin Demetriou (IBM) for taking the time to do an in-depth review of the draft and for providing detailed and insightful feedback. Thanks also to Ian Bitterland, Bob Landstrom, and Harry Handlin from The Green Grid for providing helpful review comments.

TC9.9 – Mission critical facilities

ASHRAE Datacom Series

1. Thermal Guidelines for Data Processing Environments, Fourth Edition
2. Datacom Equipment Power Trends and Cooling Applications, 2nd Edition
3. Design Considerations for Datacom Equipment Centers, 2nd Edition
4. Liquid Cooling Guidelines for Datacom Equipment Centers, 2nd Edition
5. Structural and Vibration Guidelines for Datacom Equipment Centers
6. Best Practices for Datacom Facility Energy Efficiency, 2nd Edition
7. High Density Data Centers - Case Studies and Best Practices
8. Particulate and Gaseous Contamination Datacom Environments, 2nd Edition
9. Real-Time Energy Consumption Measurements in Data Centers
10. Green Tips for Data Centers
11. PUE™: A Comprehensive Examination of the Metric
12. Server Efficiency - Metrics for Computer Servers and Storage
13. IT Equipment Design Impact on Data Center Solutions

TC9.9 – Mission critical facilities



Requisitos ambientais

Para arrefecer um objeto a 72°C produzimos água a 7°C!!!

$T_{amb}=35^{\circ}\text{C}$

$T_{case}=72^{\circ}\text{C}$

$TDP=103\text{W}$

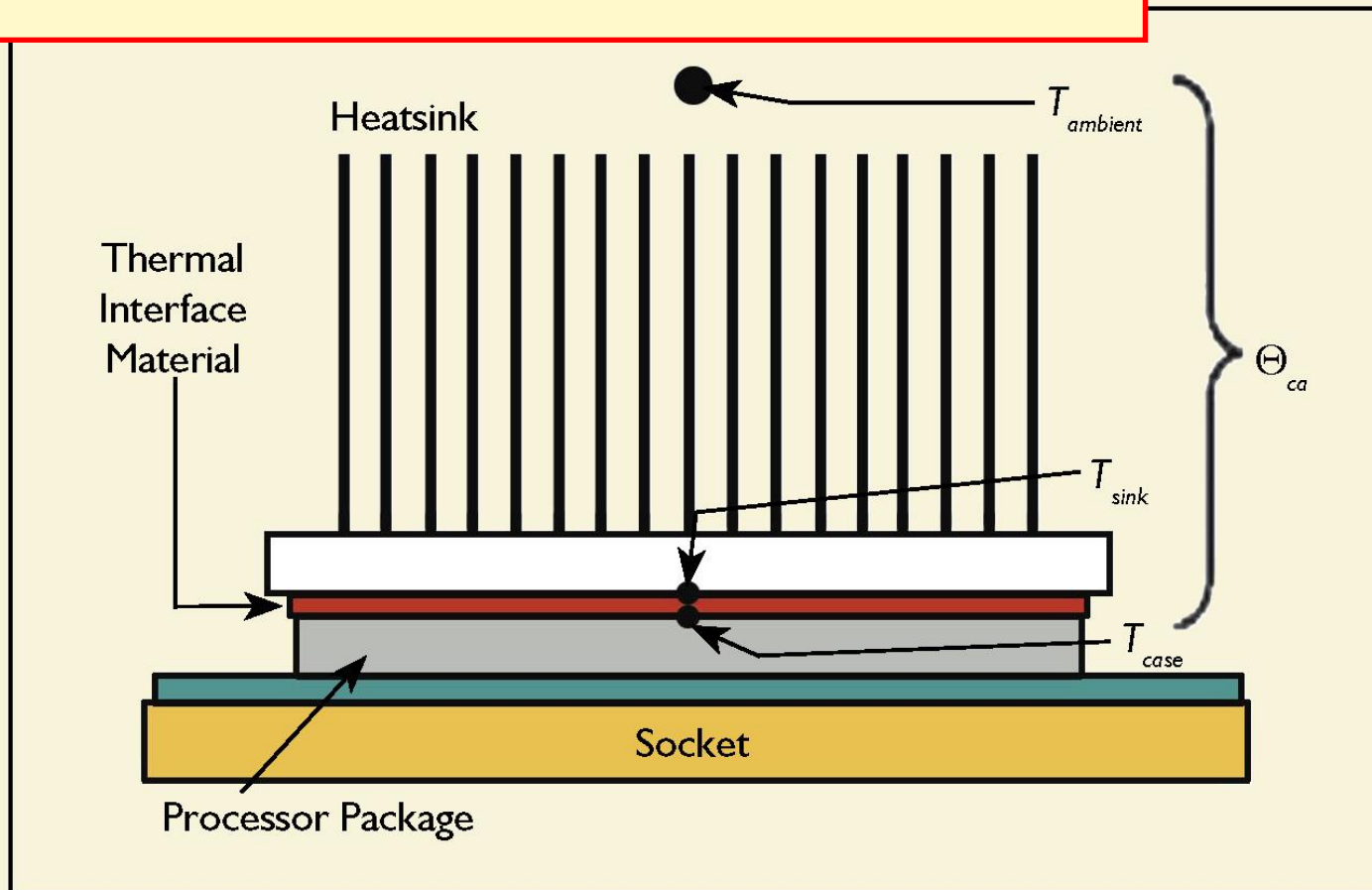


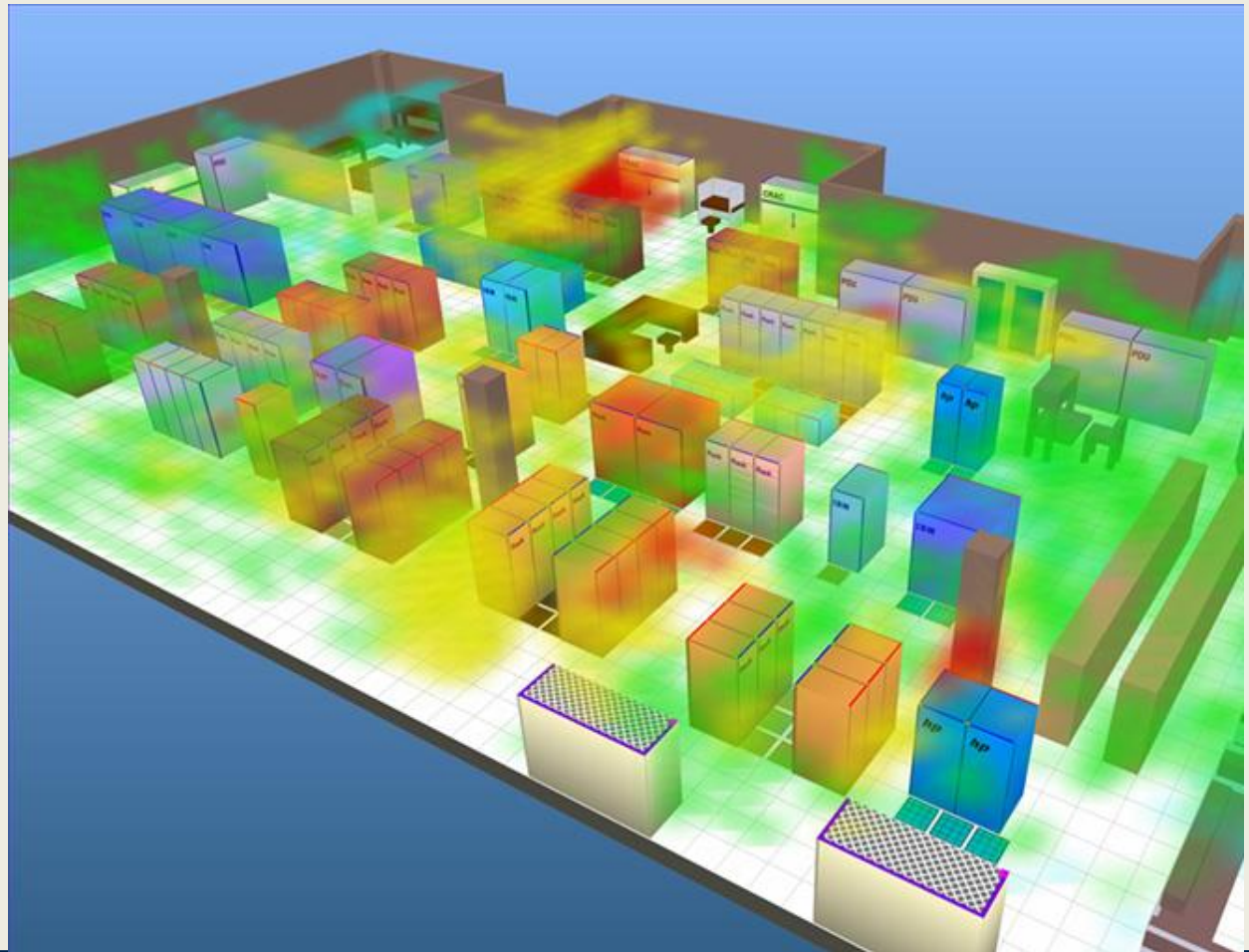
Figure 1: Thermal resistance of typical server thermal solution.

ASHRAE Journal, April 2005, Patterson, Intel's Thermal research engineer

Requisitos ambientais

Paradigma anterior:

Layout desordenado e grandes variações de temperatura



Requisitos ambientais

Paradigma anterior, situações frequentes:

- Saída de ar quente de bastidores orientada para a entrada de ar de bastidores vizinhos (ausência de layout de corredores quentes e frios);
- Servidores no interior de bastidores com orientação do fluxo de ar não coordenada (servidores a aspirar ar do lado em que outros rejeitam ar quente);
- Bastidores com portas de vidro impedindo a circulação de ar;
- Bastidores abertos interiormente causando grande recirculação interna de ar quente;
- Deficiente distribuição de ar no Data Center provocando pontos quentes.

Requisitos ambientais

Novo paradigma:

- Bastidores com servidores instalados com sentido do fluxo de ar alinhado, ie, todos aspiram e rejeitam do mesmo lado;
- Monitorização/controlo da temperatura do ar à entrada do bastidor.

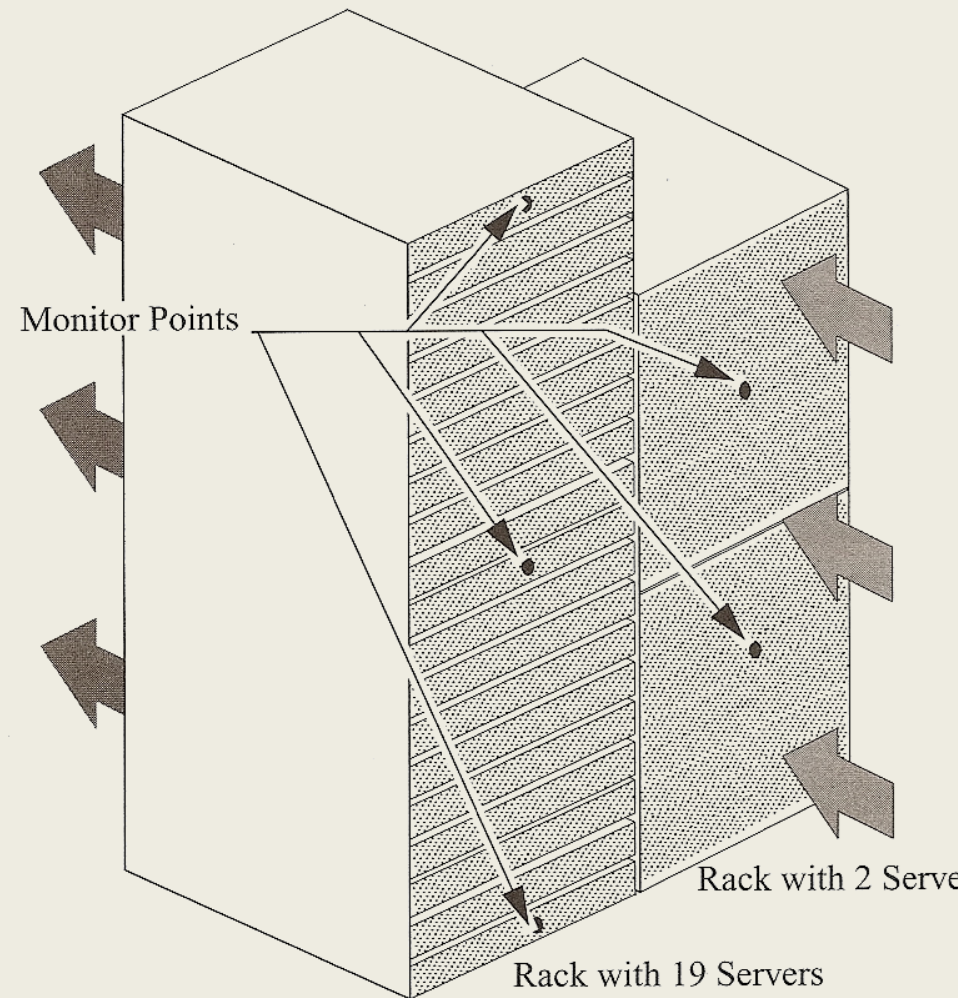


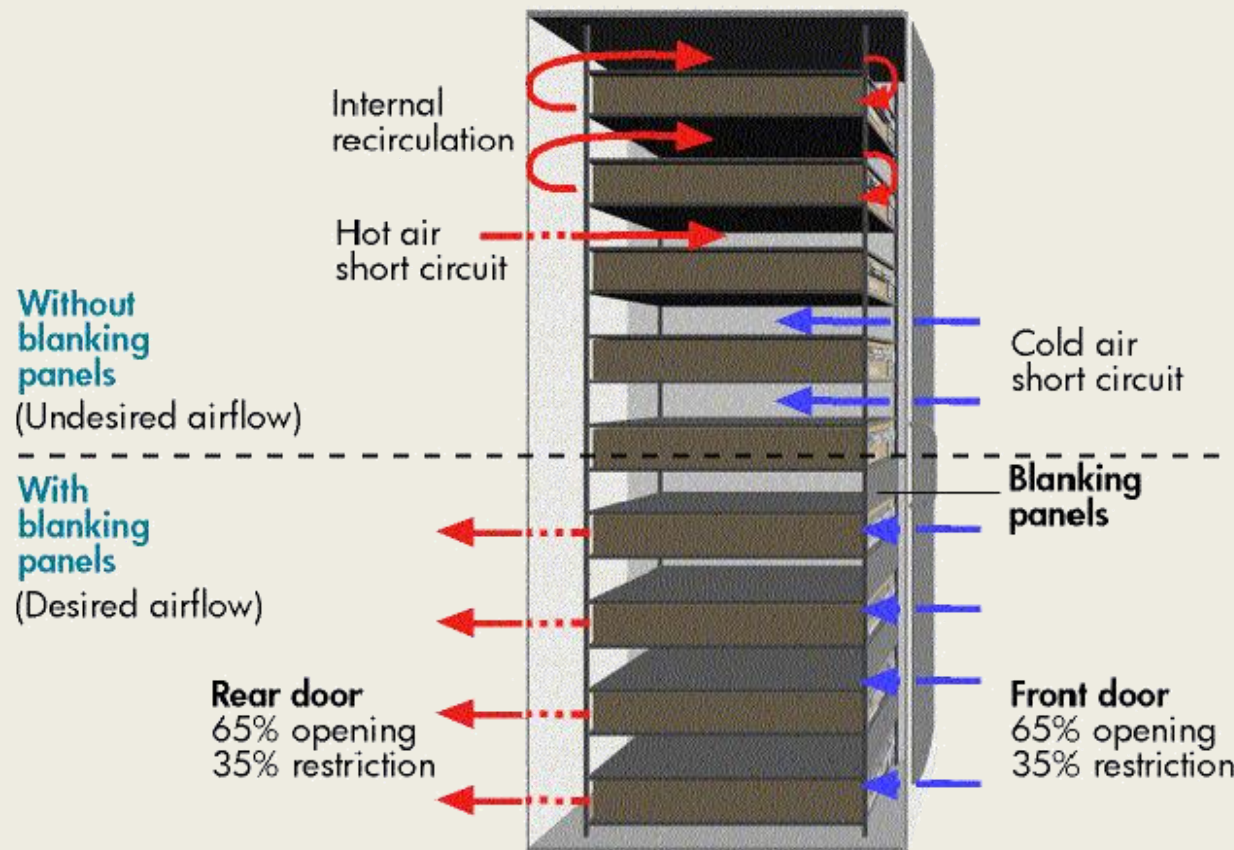
Figure 3.4 Monitor points for configured racks.

Requisitos ambientais

Novo paradigma:

Bastidores com “painéis cegos” impedindo a recirculação interior de ar quente

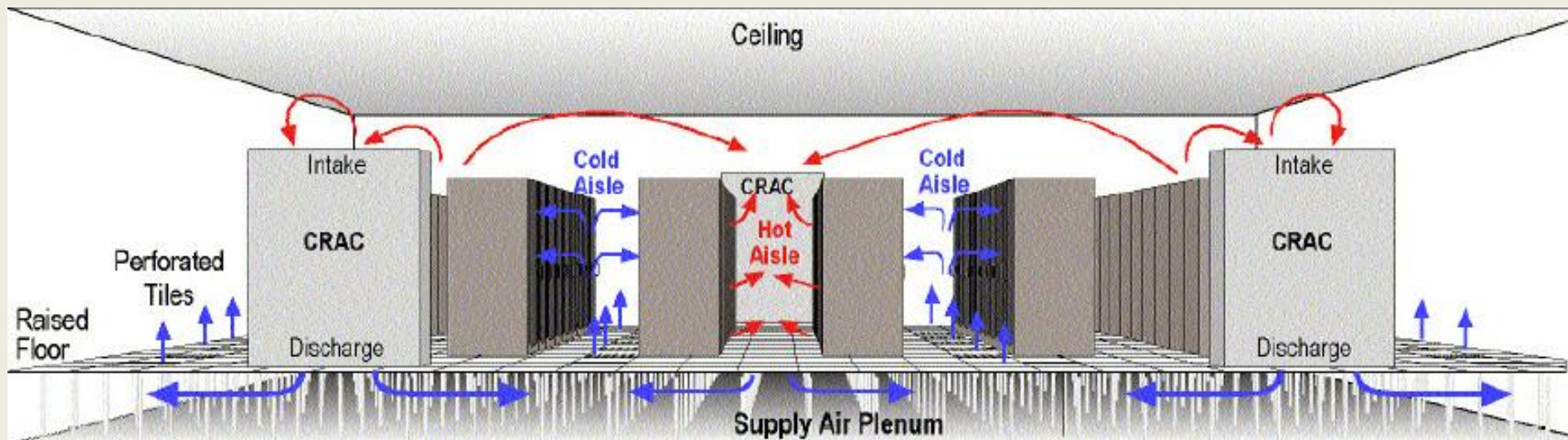
Figure 5. Airflow in rack without blanking panels (top) and with blanking panels (bottom)



Requisitos ambientais

Novo paradigma:

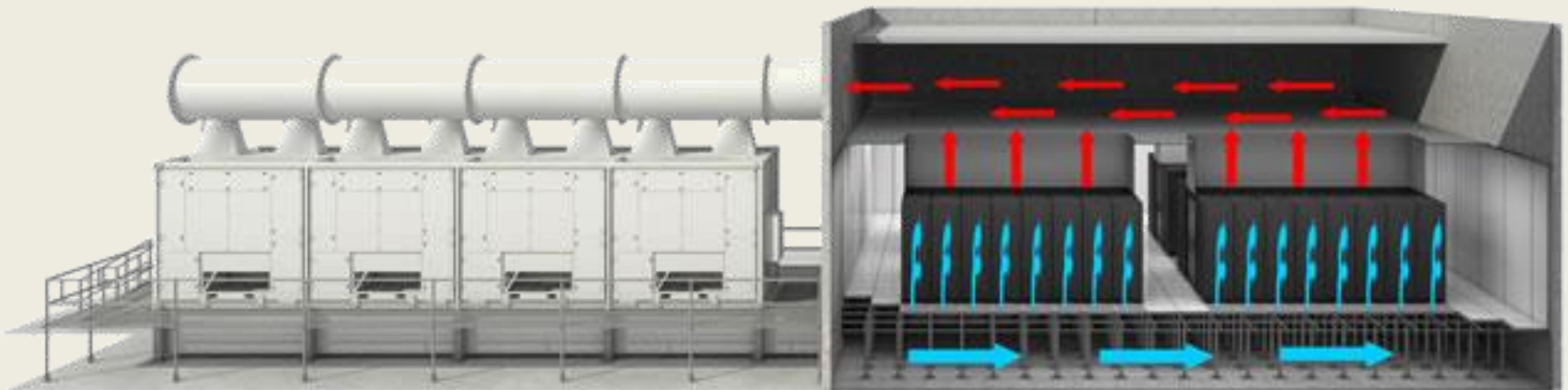
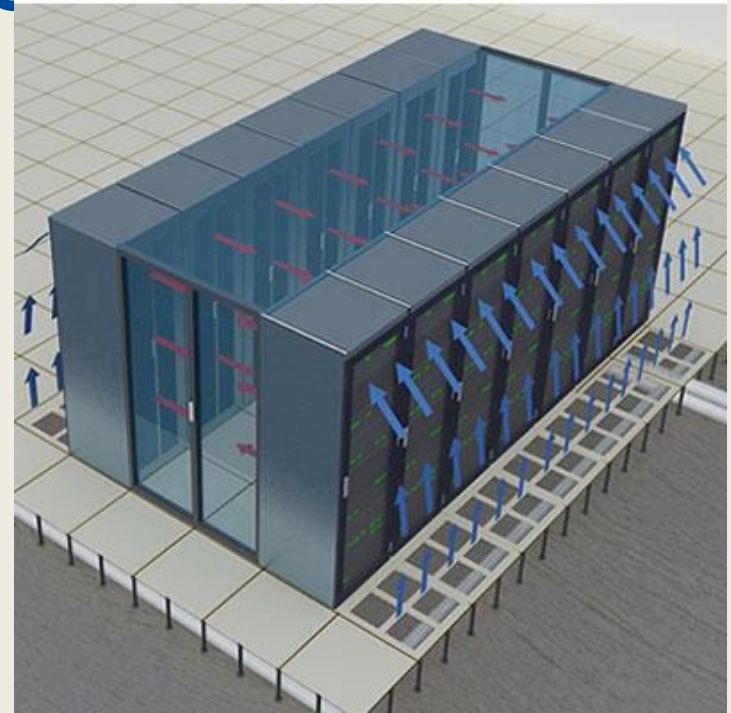
Layout de corredores quentes e frios



Requisitos ambientais

Novo paradigma:

Contenção do corredor quente

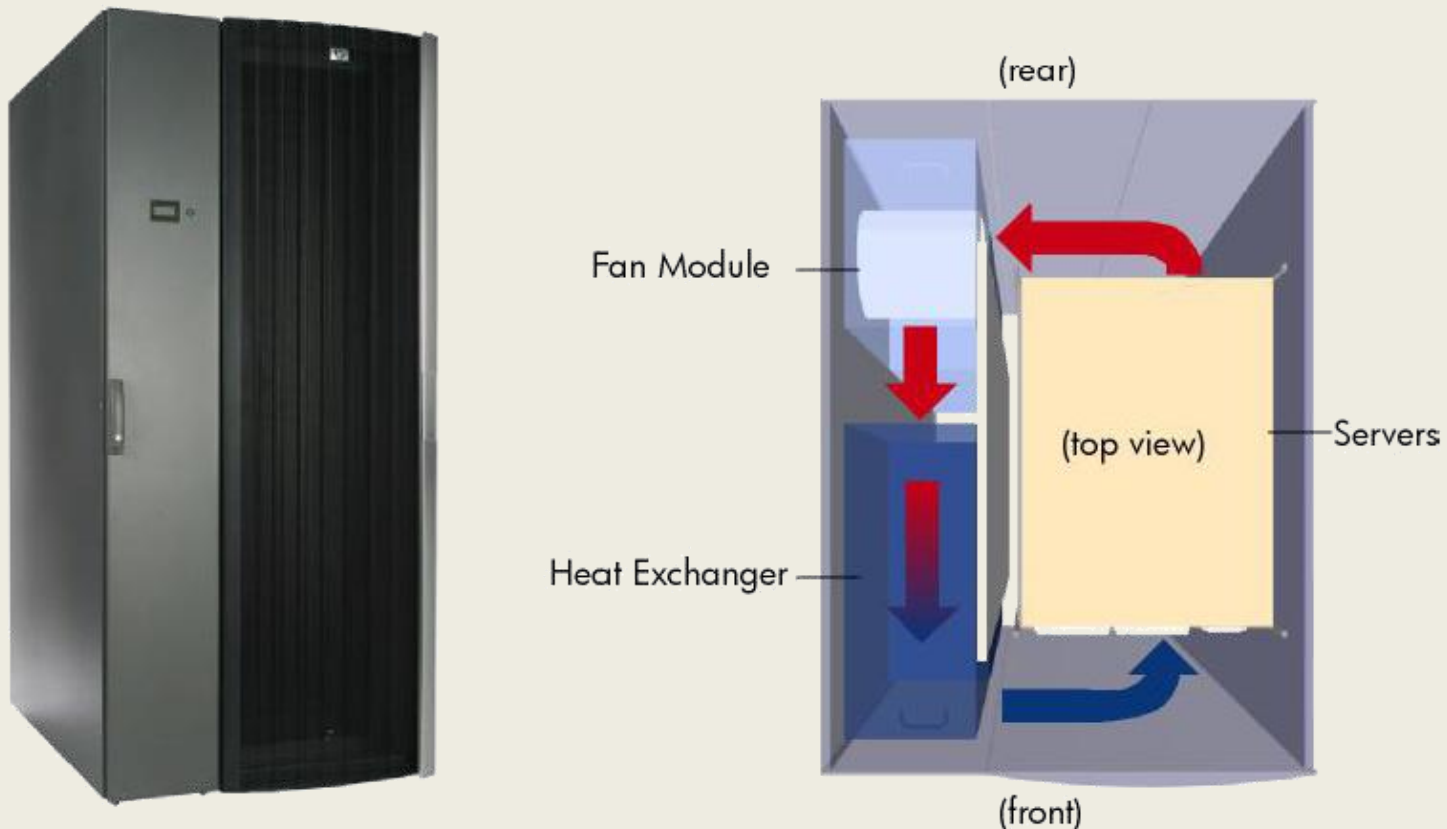


Requisitos ambientais

Novo paradigma:

Bastidores com arrefecimento integrado (imagem HP)

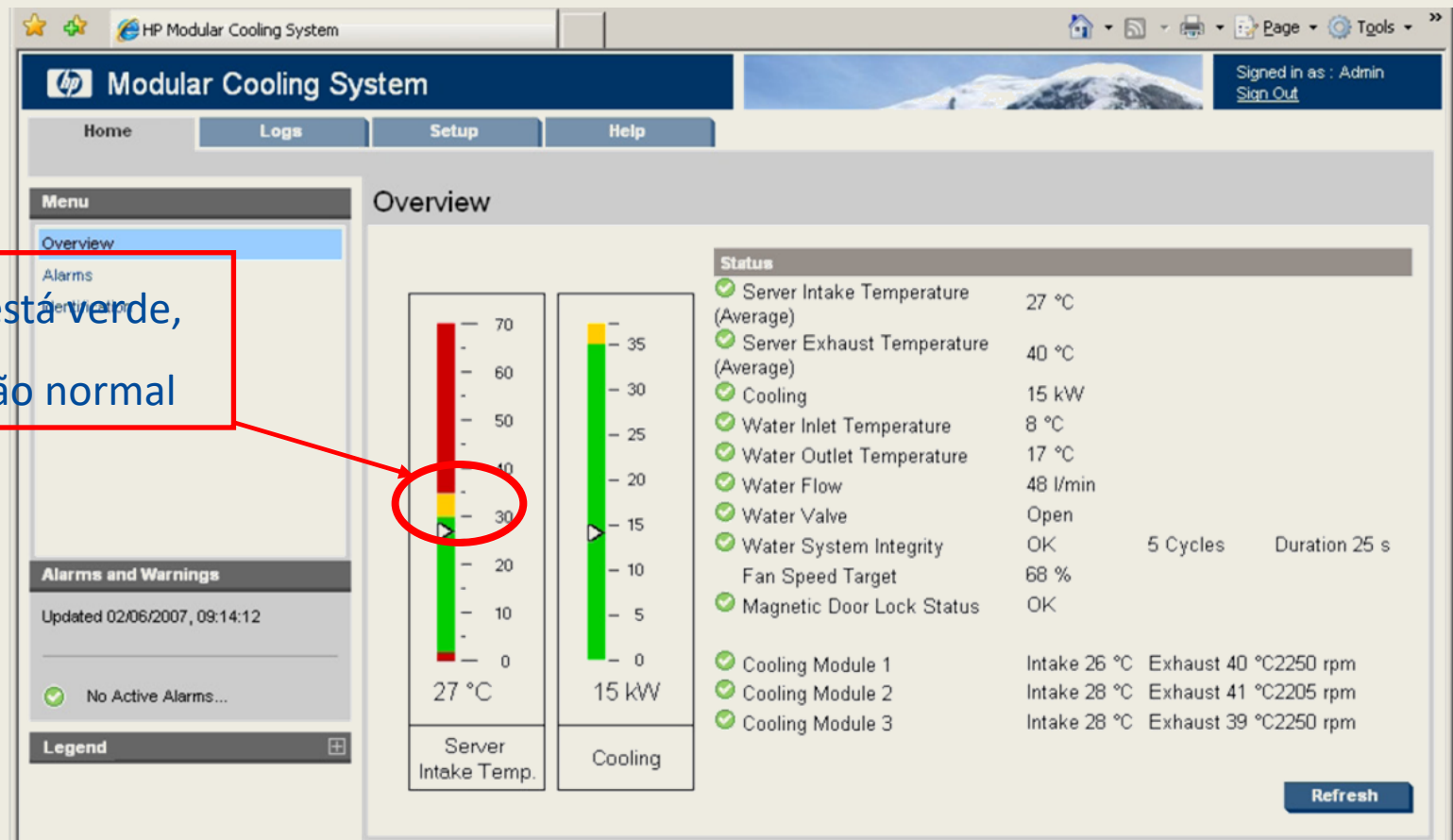
Figure 9. HP Modular Cooling System



Requisitos ambientais

Novo paradigma:

Bastidores com arrefecimento integrado (imagem HP)

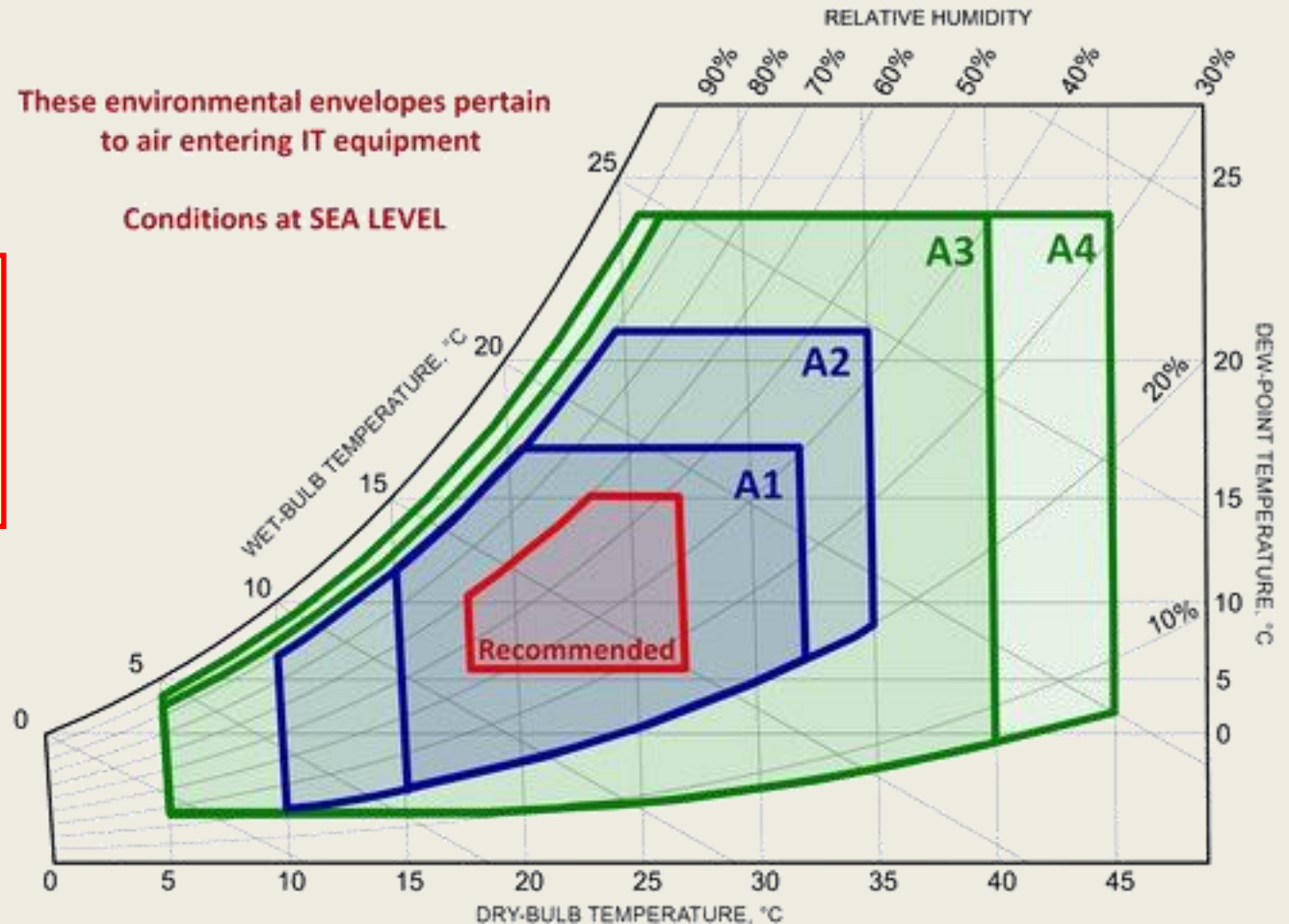


Requisitos ambientais

Novo paradigma:

Requisitos ambientais publicados pelo TC9.9. **2011**

Não se trata já de uma aplicação para *Close Control*!

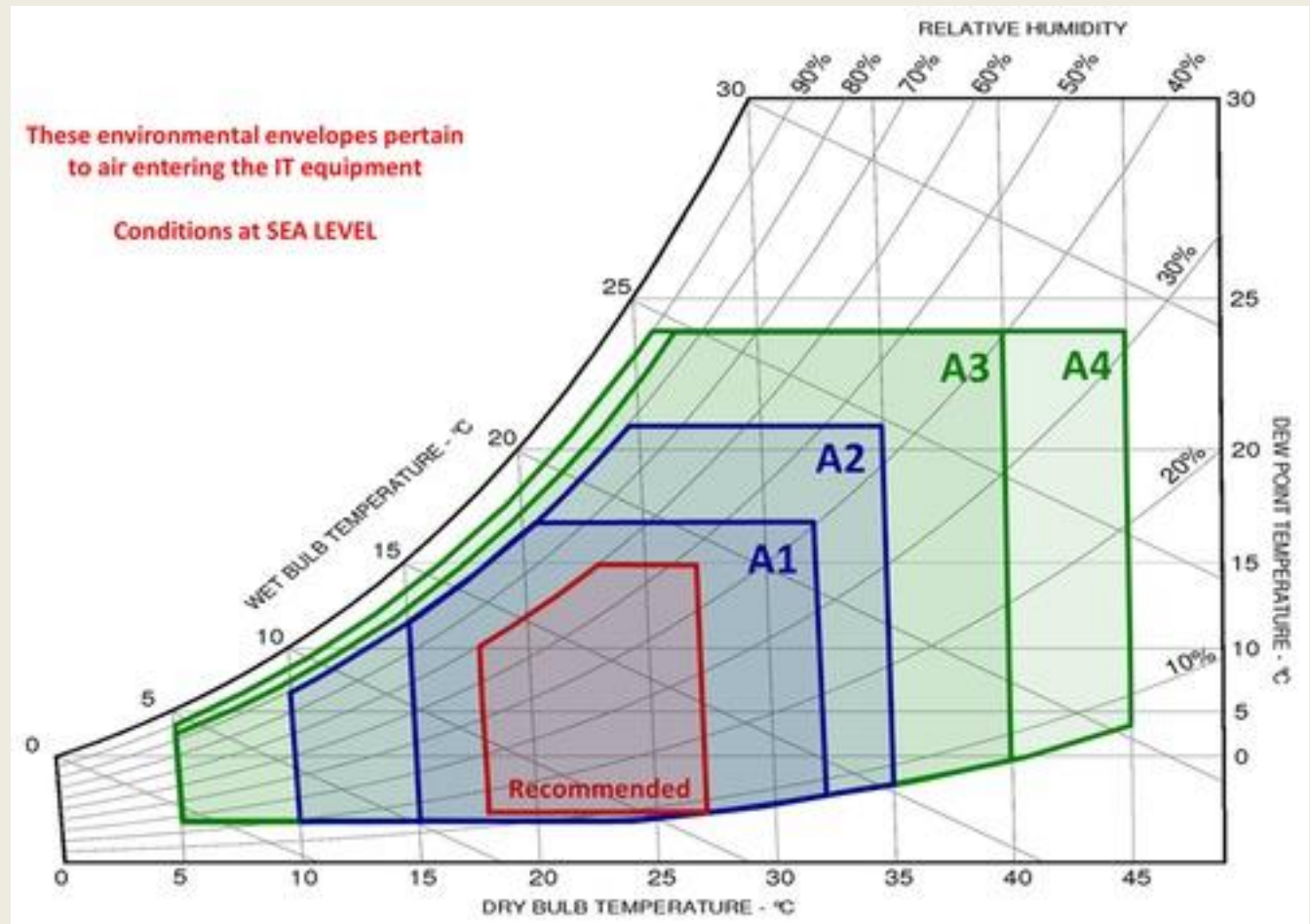


Requisitos ambientais

Novo paradigma:

Requisitos ambientais publicados pelo TC9.9. **2015**

De 2011 para 2015 os requisitos de humidade mínima baixaram muitíssimo. Esta alteração resultou do Research Project 1499-RP



Requisitos ambientais

Novo paradigma:

Requisitos ambientais publicados pelo TC9.9. **2011**

Table 1 2015 Thermal Guidelines: Equipment Environment Specifications for Air Cooling							
Class ^a	Product Operation ^{b,c}			Product Power Off ^{c,d}			
	Dry-Bulb Temperature, ^e °C	Humidity Range, Noncondensing ^{h,i,k,l}	Maximum Dew Point, ^k °C	Maximum Elevation, ^{e,i,m} m	Maximum Rate of Change, ^f K/h	Dry-Bulb Temperature, °C	Relative Humidity, ^k %
Recommended (suitable for all classes; explore data center metrics in ASHRAE [2016] for conditions outside this range)							
A1 to A4	18 to 27	–9 to 15°C dp and 60% rh					
Allowable							
A1	15 to 32	–12°C dp and 8% rh to 17°C dp and 80% rh	17	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
A2	10 to 35	–12°C dp and 8% rh to 21°C dp and 80% rh	21	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
A3	5 to 40	–12°C dp and 8% rh to 24°C dp and 85% rh	24	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
A4	5 to 45	–12°C dp and 8% rh to 24°C dp and 90% rh	24	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
B	5 to 35	8% to 28°C dp and 80% rh	28	3050	N/A	5 to 45	8 to 80
C	5 to 40	8% to 28°C dp and 80% rh	28	3050	N/A	5 to 45	8 to 80

Requisitos ambientais

Novo paradigma:

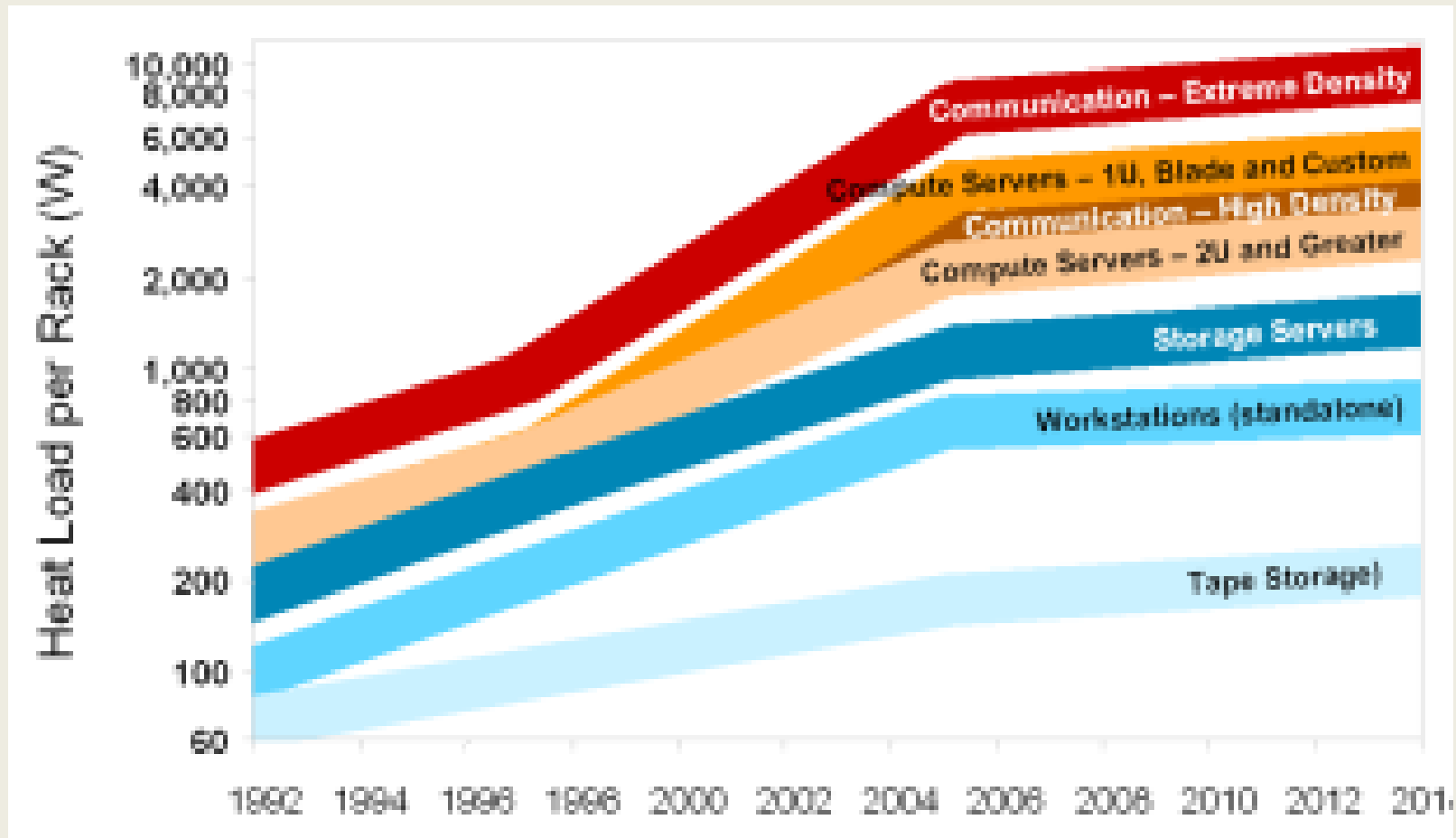
Requisitos ambientais publicados pelo TC9.9

De acordo com a regras publicadas pelo TC9.9, os equipamentos de IT podem operar dentro dos limites termo-higrométricos definidos para a classe respetiva, *Allowable Environmental Range*, embora não seja recomendada a sua operação durante períodos de tempo prolongados perto dos seus limites extremos, máximos ou mínimos.

Para maximizar o *Uptime* dos equipamentos de IT, para qualquer classe, o TC9.9 recomenda a operação maioritariamente dentro dos limites da zona recomendada, limitada a vermelho no diagrama psicrométrico, zona comum a todas as classes.

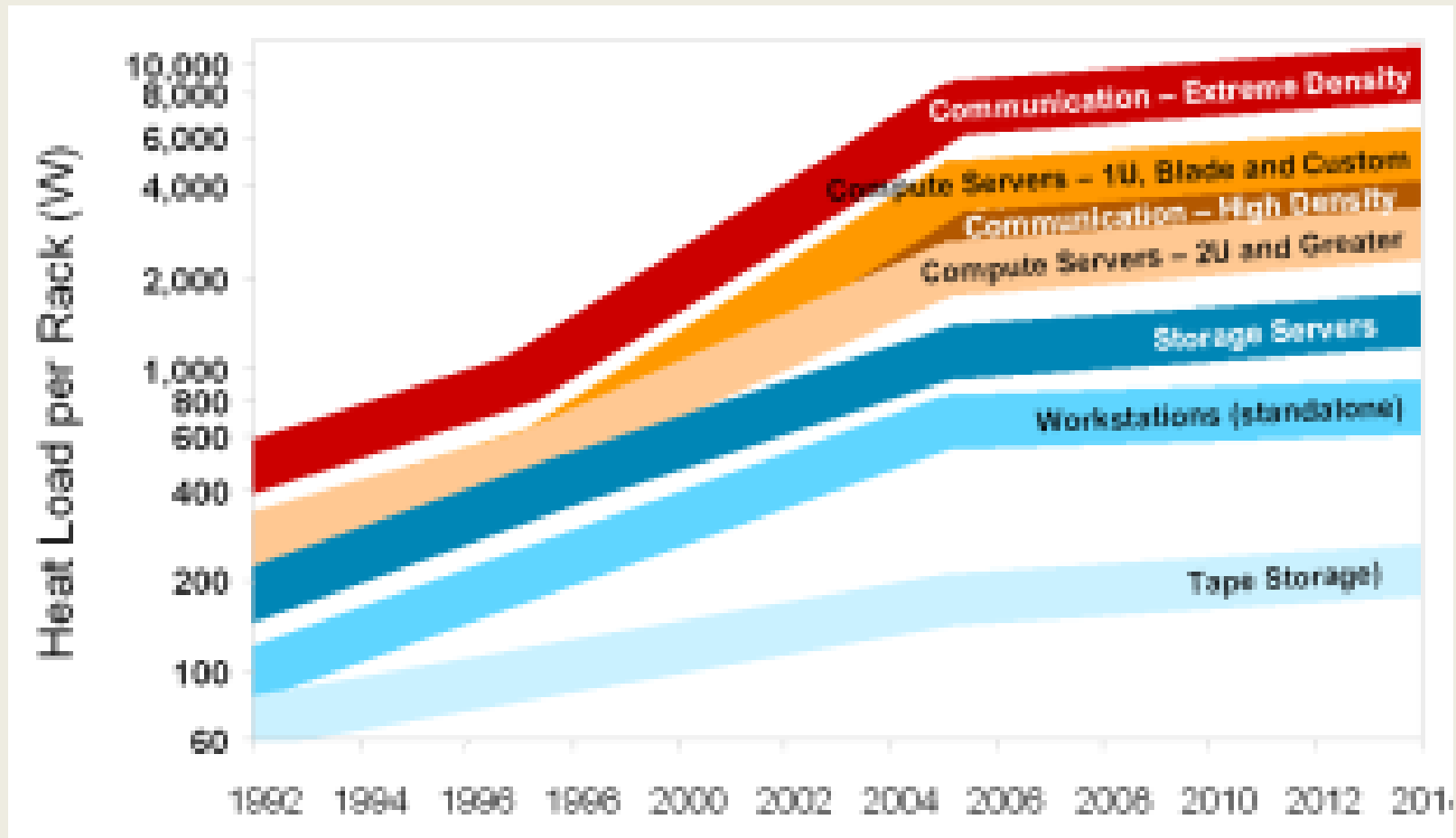
Cargas térmicas

As cargas por bastidor têm subido nos últimos anos.



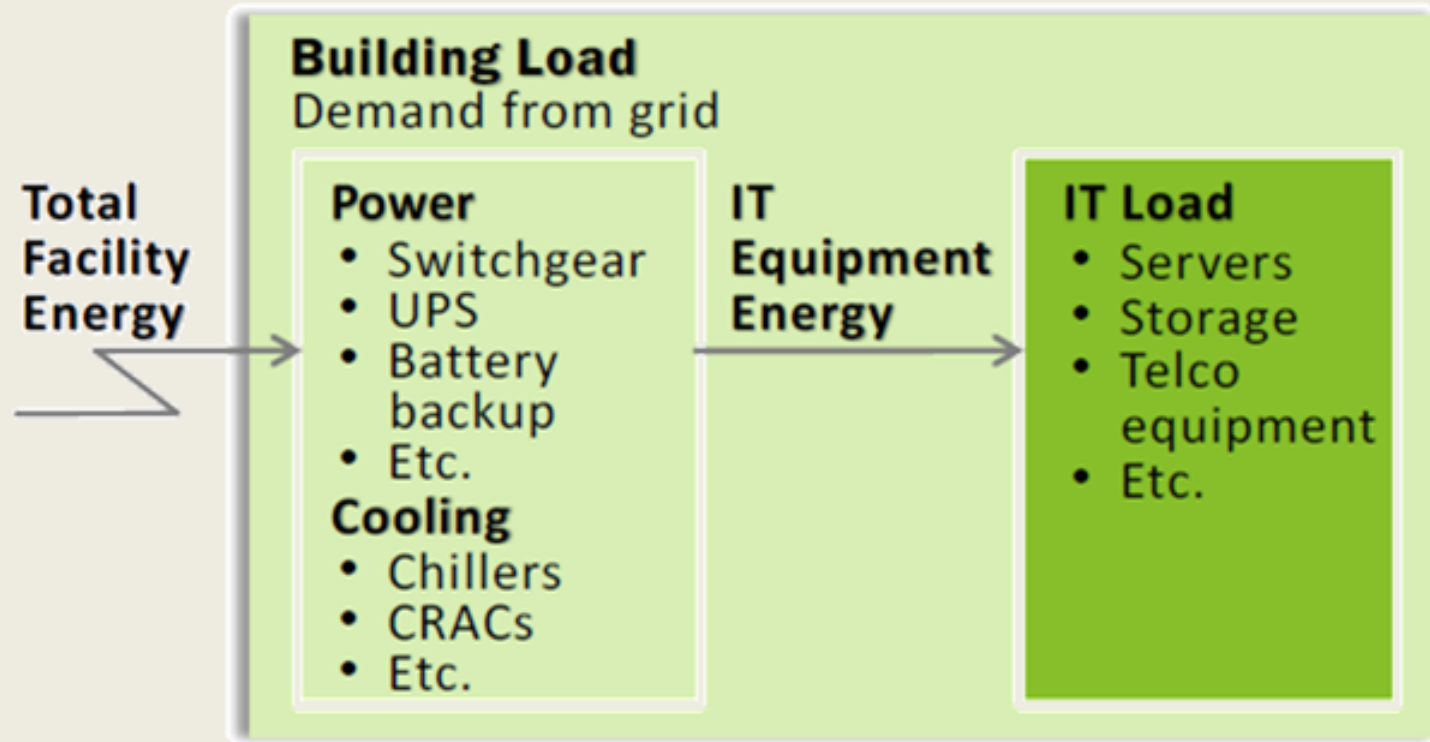
Cargas térmicas

- Dimensionamento mais corrente: 3kW / bastidor
- Dimensionamento extremo (blade servers): **30kW / bastidor**



Índice de eficiência energética

PUE: Power Usage Effectiveness



$$\text{PUE} = \frac{\text{Total Facility Energy}}{\text{IT Equipment Energy}}$$

The Green Grid, White Paper #49

Índice de eficiência energética

Power Usage Effectiveness (PUE)

Valores típicos:

- Data Centers antigo paradigma: $2,5 < \text{PUE} < 3,5$;
- Data Centers novo paradigma, correntes: $1,5 < \text{PUE} < 1,25$;
- Data Centers novo paradigma, excelência: $1,06 < \text{PUE} < 1,25$.

Imagem Schneider Electric

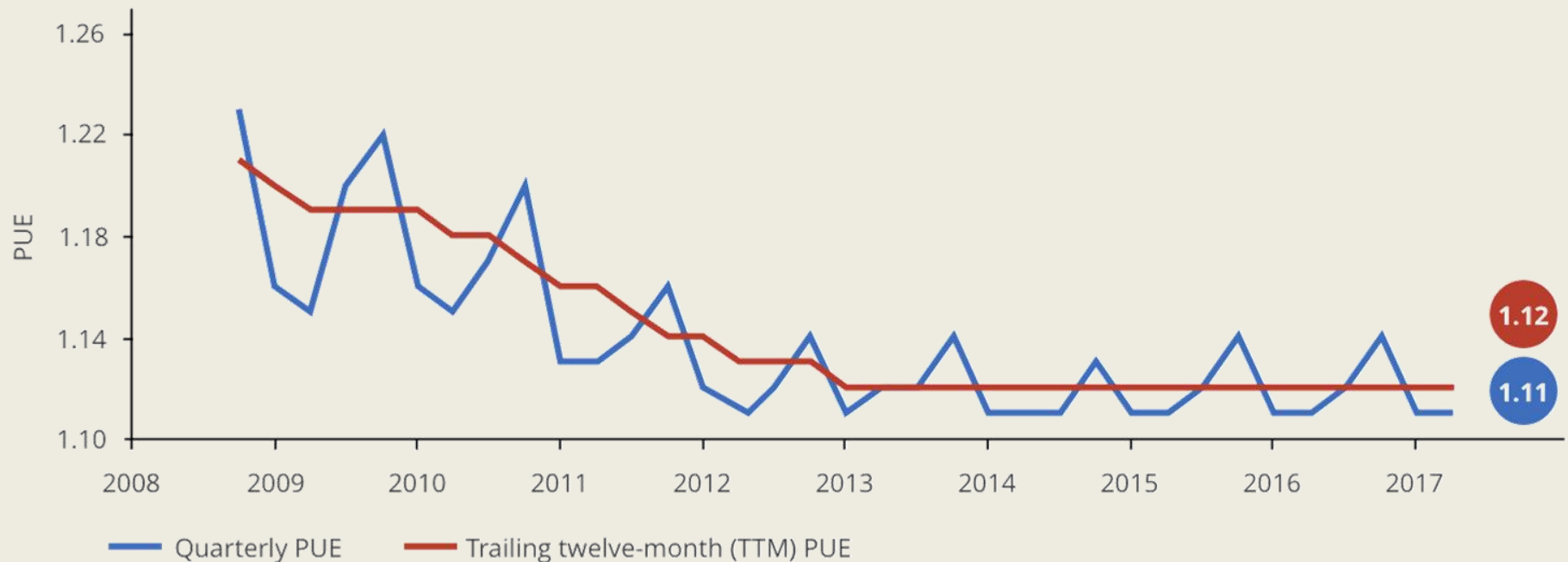
Índice de eficiência energética

Power Usage Effectiveness (PUE)

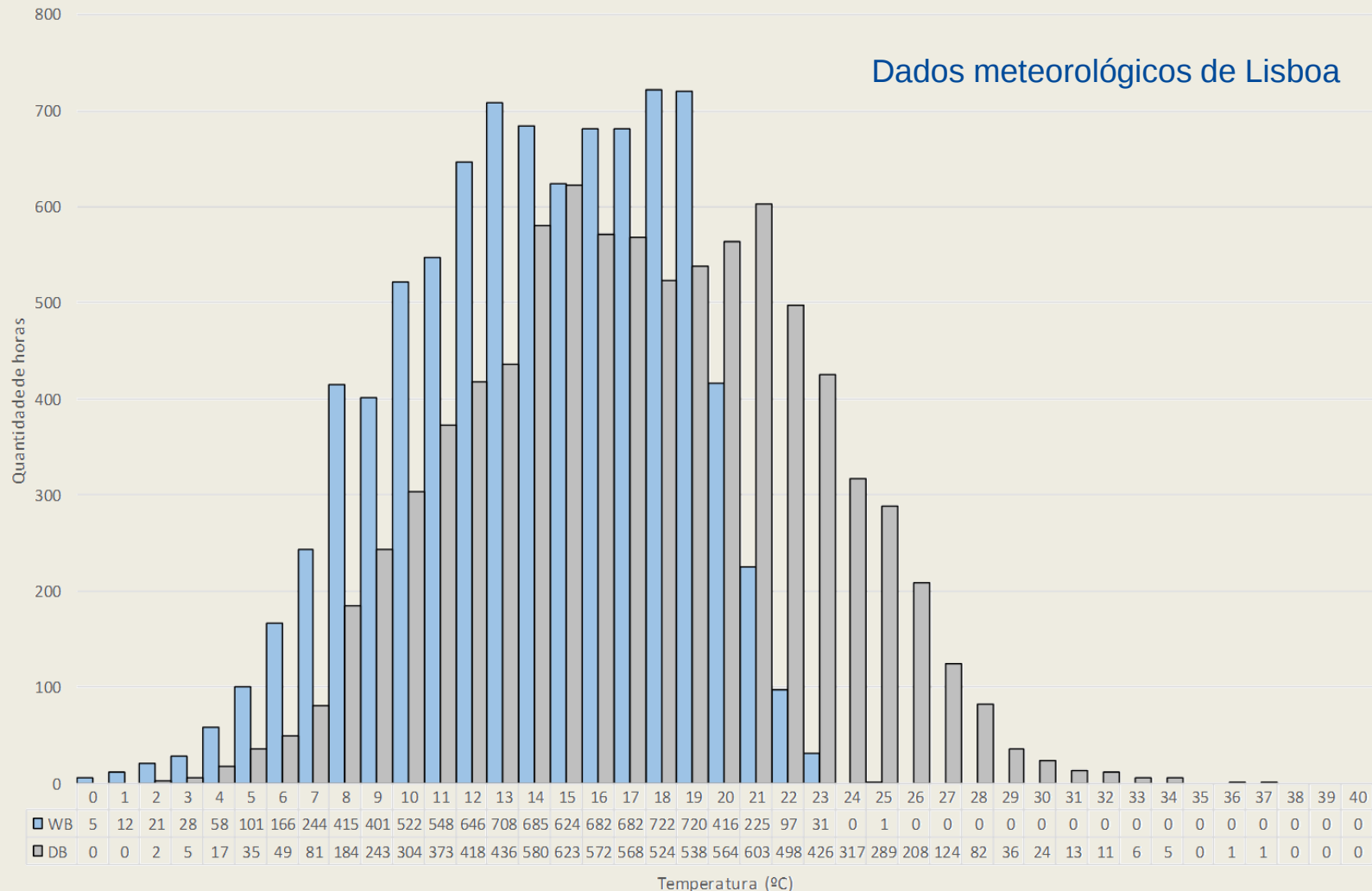
Histórico de PUE global dos DC da google

Continuous PUE Improvement

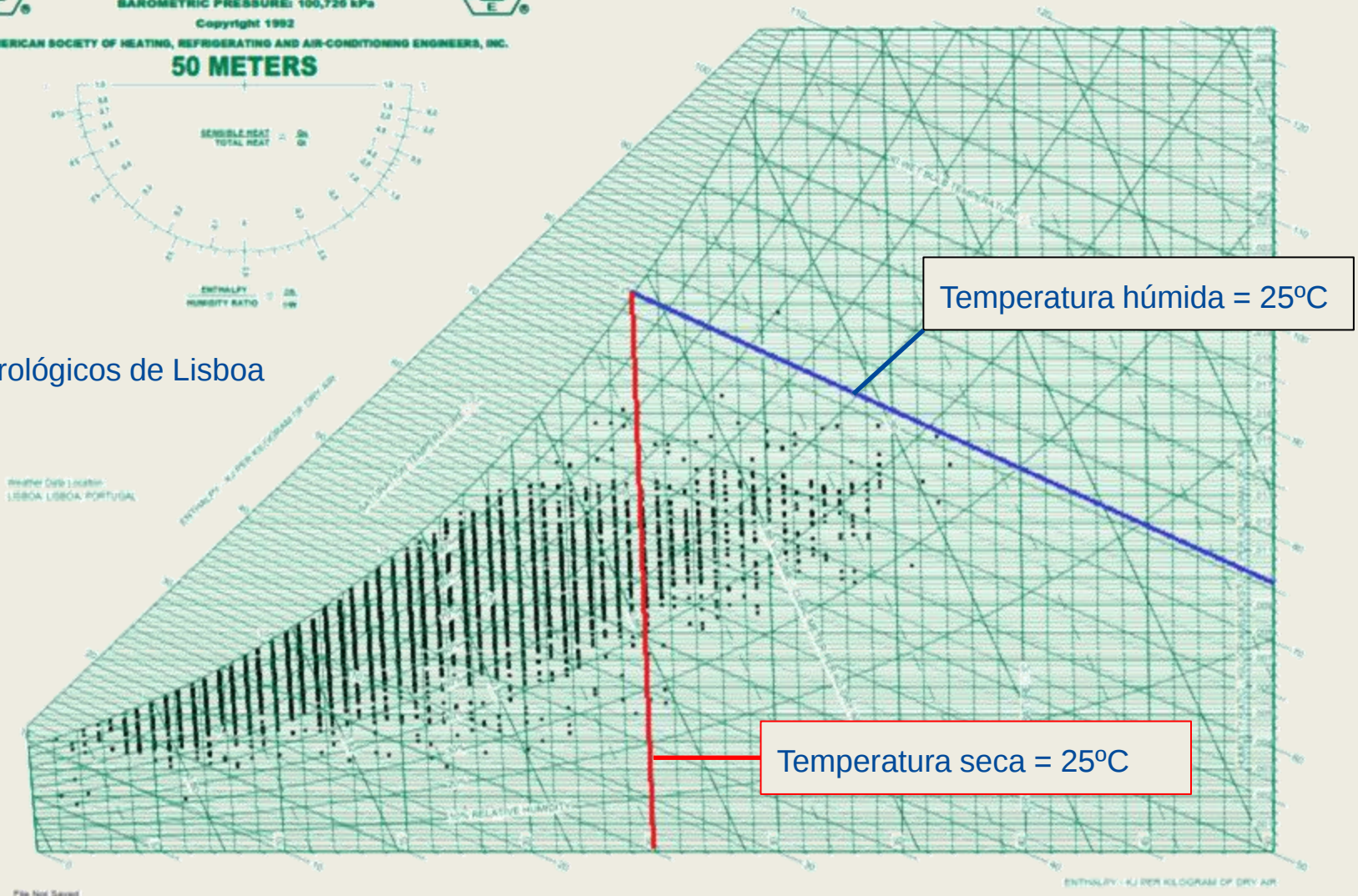
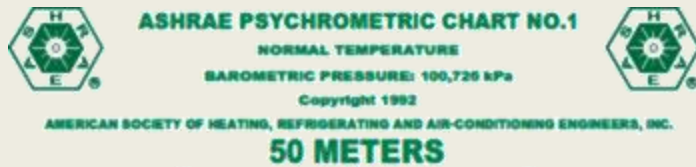
Average PUE for all data centers



Arrefecimento adiabático indireto

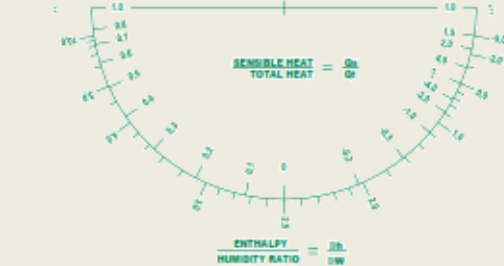
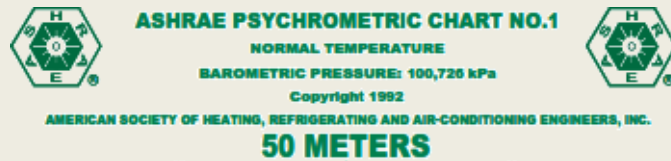


Arrefecimento adiabático indireto

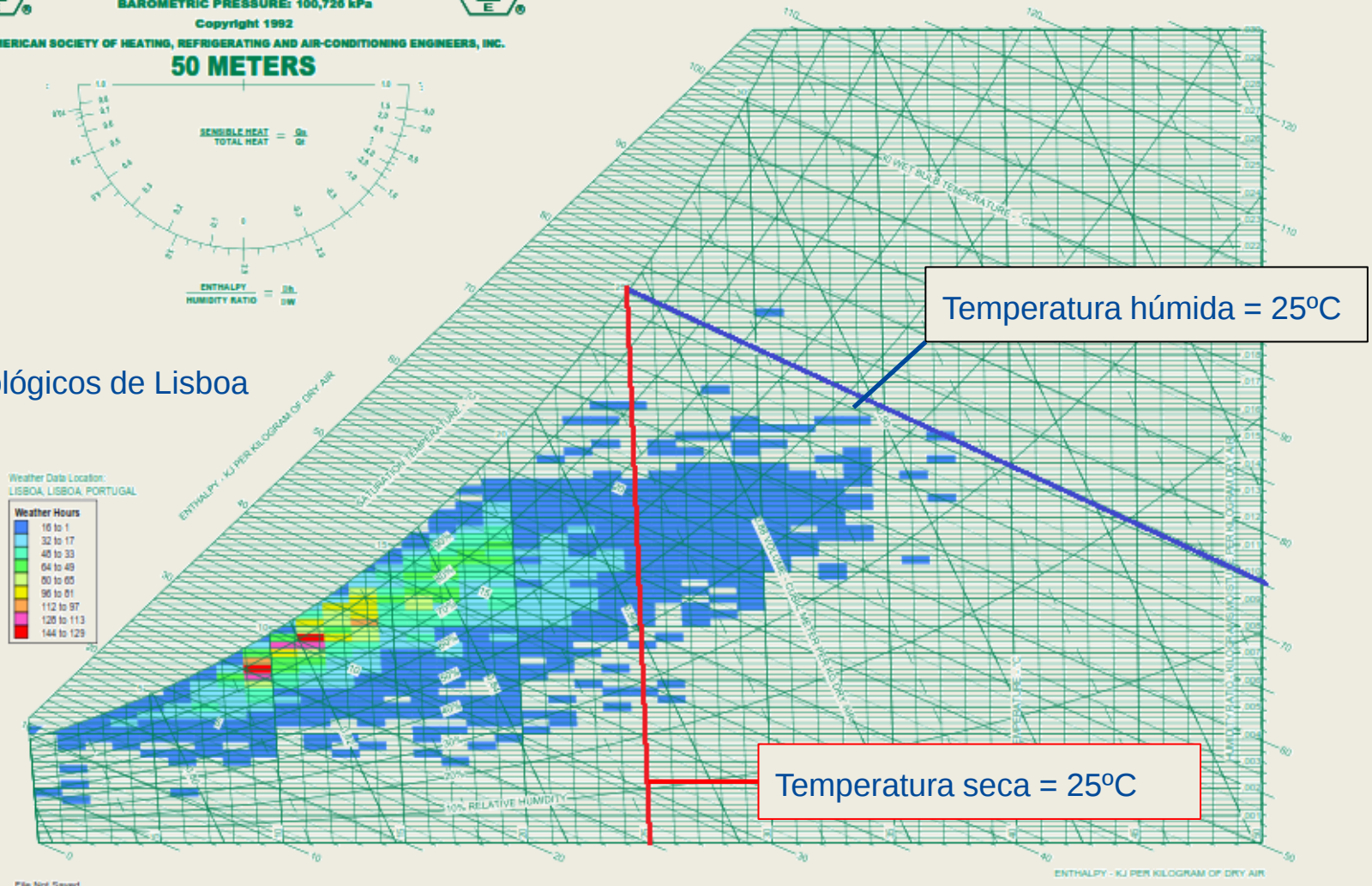
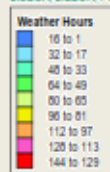


Dados meteorológicos de Lisboa

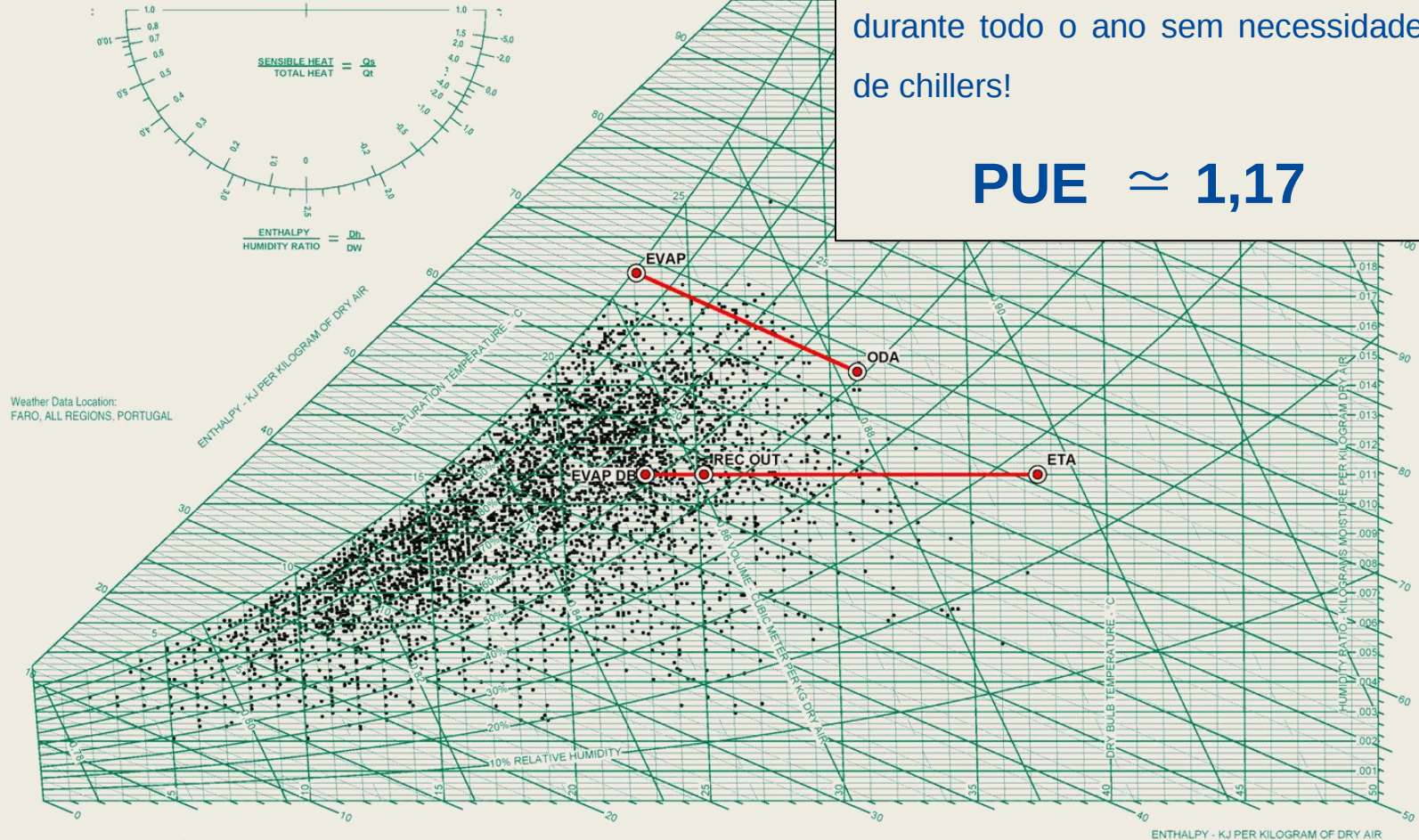
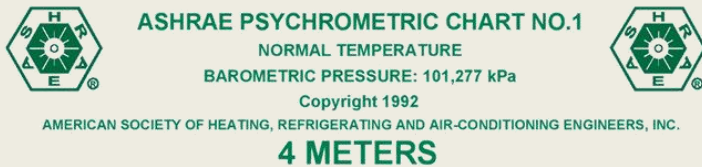
Arrefecimento adiabático indireto



Weather Data Location:
LISBOA, LISBOA, PORTUGAL



Arrefecimento adiabático indireto

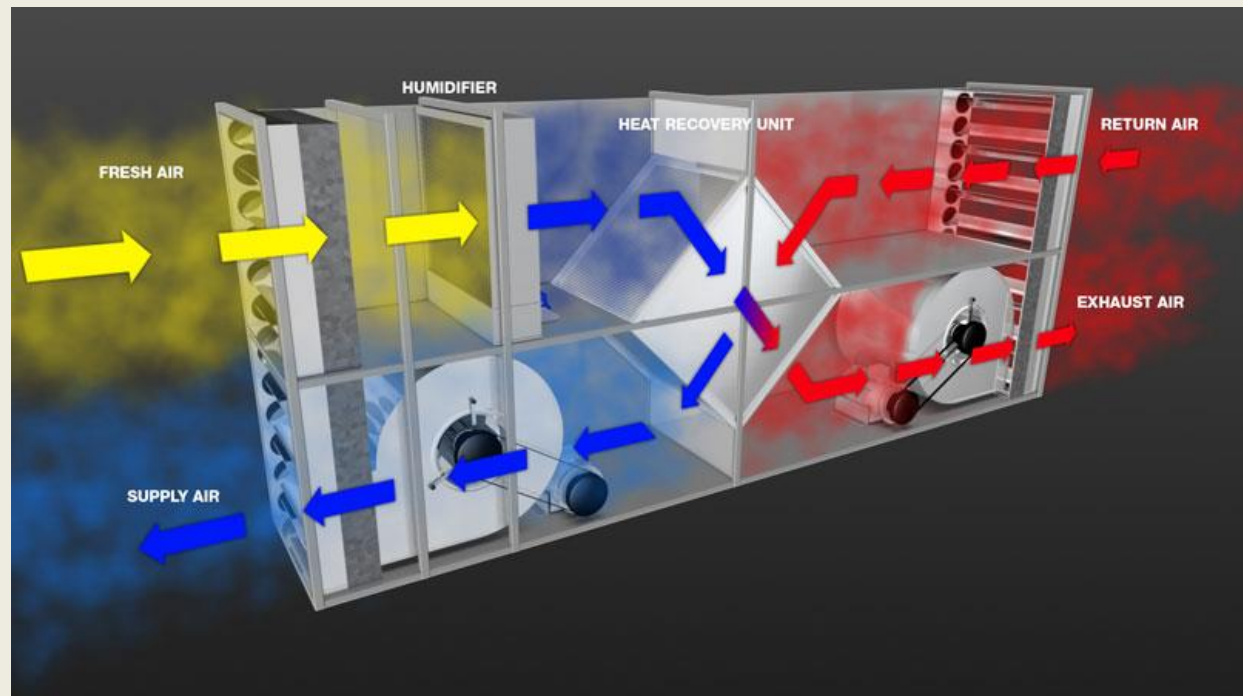
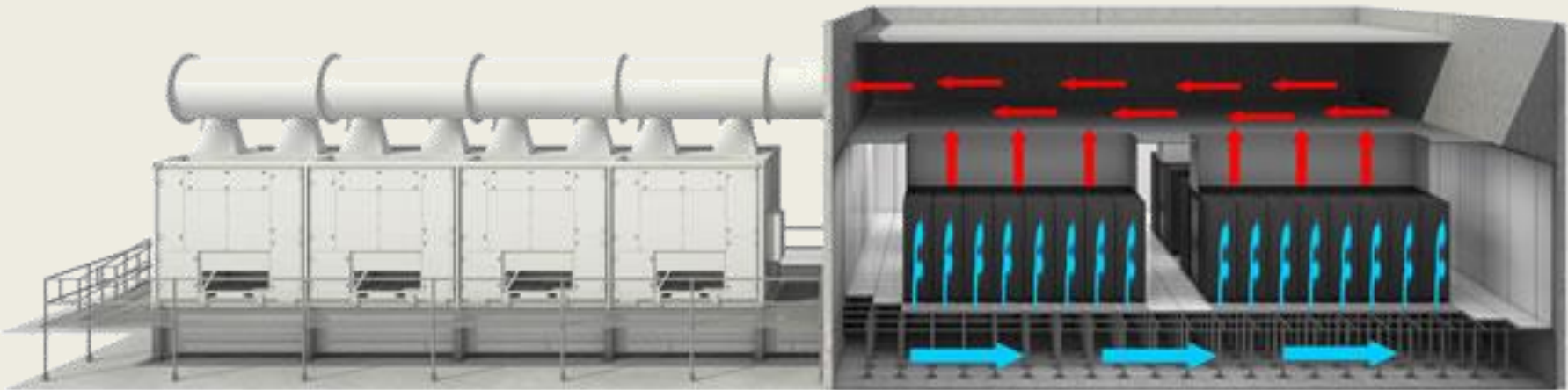


Com arrefecimento adiabático indireto consegue-se arrefecer o Data Center durante todo o ano sem necessidade de chillers!

$$PUE \approx 1,17$$

\\DESKTOP\My Dropbox\129 DC Águas\Alg\03-PROJETO\129BIM\02-CÁLCULOS\03-COOLING\UTA FC indireto.hdd

Arrefecimento adiabático indireto



Arrefecimento adiabático indireto

Cálculo de consumo de água no arrefecedor evaporativo

num	descrição	símbolo	valor	unidades	fórmula / fonte
1.	Potência térmica total a dissipar	PM	60	kW	
2.	Caudal de água de evaporação				
2.1	calor latente de vaporização da água	cl	2 250	kJ/kg	pressão atmosférica
2.2	densidade da água	d	1 000	kg/m ³	PTN
2.3	caudal máximo	CeM	0,027	l/s	$PM \times 1.000 / (cl \times d)$
3.	Caudal de água perdido por gotículas				no fluxo de ar e salpicos
3.1	percentagem do caudal de evaporação	p	3,00%	%	valor admitido
3.2	caudal máximo	CgM	0,00080	l/s	$CeM \times p$
4.	Caudal de água de purga				não se considera o caudal de gotículas
4.1	número de ciclos de concentração	N	4	-	saís no circuito / saís na compensação
4.2	caudal máximo	CpM	0,009	l/s	$CeM / (N-1)$
5.	Caudal de água de reposição				
5.1	caudal máximo	CM	0,036	l/s	$CeM + CgM + CpM$
5.2	caudal específico	cm	0,606	l/s / MW	$CM / PM \times 1000$
5.3	volume específico	v	2,18	l / kWh	cm x 3600 / 1000

Arrefecimento adiabático indireto

Cálculo do consumo de energia e água (exemplo de folha de cálculo)

year	month	day month	hour day	hour year	date	day week	Week	Tdb _{ODA}	Twb _{ODA}	Tdp _{ODA}	HR	T _{in} Cndsr	cooling	EER	CH	CH pump	inrow fan	UTA fan	pump	energy total	water consump
								°C	°C	°C	kg / kg	°C	thermal kWh		electr kW	electr kWh	electr kWh	electr kWh	electr kWh	electr kWh	kg
y	m	dm	hd	hy	date	dw	w	Tdb _{ODA}	Twb _{ODA}	Tdp _{ODA}	HR _{ODA}	T _{in} Co	clgt	EER	clge	pc	fanir	UTAfir	pump	E	water
2002	12	31	2	8 738	31/dez	3	53	10,56	10,00	9,20	0,007	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	3	8 739	31/dez	3	53	10,00	9,44	8,60	0,007	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	4	8 740	31/dez	3	53	10,00	9,44	8,60	0,007	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	5	8 741	31/dez	3	53	10,00	9,44	8,60	0,007	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	6	8 742	31/dez	3	53	8,89	8,33	7,30	0,006	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	7	8 743	31/dez	3	53	9,44	8,89	8,00	0,007	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	8	8 744	31/dez	3	53	9,44	8,89	8,60	0,007	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	9	8 745	31/dez	3	53	8,89	7,78	7,30	0,006	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	10	8 746	31/dez	3	53	8,33	7,22	6,40	0,006	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	11	8 747	31/dez	3	53	9,44	8,33	7,30	0,006	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	12	8 748	31/dez	3	53	11,67	10,56	9,20	0,007	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	13	8 749	31/dez	3	53	12,78	12,22	11,10	0,008	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	14	8 750	31/dez	3	53	12,78	11,67	10,80	0,008	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	15	8 751	31/dez	3	53	14,44	11,67	9,40	0,007	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	16	8 752	31/dez	3	53	14,44	12,22	10,00	0,008	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	17	8 753	31/dez	3	53	14,44	12,22	10,00	0,008	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	18	8 754	31/dez	3	53	13,33	11,67	10,40	0,008	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	19	8 755	31/dez	3	53	12,78	11,11	9,80	0,008	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	20	8 756	31/dez	3	53	12,22	11,11	9,80	0,008	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	21	8 757	31/dez	3	53	12,22	10,56	9,40	0,007	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	22	8 758	31/dez	3	53	12,22	10,56	9,40	0,007	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	23	8 759	31/dez	3	53	11,67	10,56	9,60	0,008	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
2002	12	31	24	8 760	31/dez	3	53	12,22	10,56	9,00	0,007	18,00	60,0	4,75	0,00	0,00	0,00	6,00	0,05	6,05	0
								37,22	26,11	24,50	0,020		525 600		218	11	11	52 560	438	53 238	79 674

Arrefecimento adiabático indireto

Cálculo do TCO (exemplo de folha de cálculo)

Análise das soluções de cooling		Solução1 Inrow a água	Solução2 Arrefecimento evaporativo indireto
Estimativa custo da empreitada de cooling	CAPEX	167 000 €	138 000 €
Estimativa custo de energia e água <u>em cooling</u> (10 anos)	OPEX	174 000 €	54 319 €
Estimativa de custo de um ciclo de vida (CAPEX+OPEX)	TCO	341 000 €	192 319 €
Energia anual IT	E_{IT}	490 560 kWh	490 560 kWh
Energia anual elect (UPS+outros)	E_{EL}	19 622 kWh	19 622 kWh
Energia anual cooling	E_{AVAC}	174 000 kWh	53 000 kWh
Água para cooling	W_{AVAC}	-	79 m3
Energia anual DataCenter ($E_{IT} + E_{EL} + E_{AVAC}$)	E_{DC}	684 182 kWh	563 182 kWh
Índice de eficiência energética ($E_{DC} / (E_{IT})$)	PUE	1,39	1,15

 melhor no parâmetro comparado
 preço energia = 0,10 €/kWh
 preço água = 1,67 €/m3

Arrefecimento adiabático indireto

Cálculo do TCO (exemplo de folha de cálculo)

Análise das soluções de cooling		Solução1 Inrow a água	Solução2 Arrefecimento evaporativo indireto
Estimativa custo da empreitada de cooling	CAPEX	167 000 €	138 000 €
Estimativa custo de energia e água <u>em cooling</u> (10 anos)	OPEX	174 000 €	54 319 €

Este é um exemplo de cálculo, para cada caso deverá ser feito cálculo particular

Energia anual cooling	E_{AVAC}	174 000 kWh	53 000 kWh
Água para cooling	W_{AVAC}	-	79 m3
Energia anual DataCenter ($E_{IT} + E_{EL} + E_{AVAC}$)	E_{DC}	684 182 kWh	563 182 kWh
Índice de eficiência energética ($E_{DC} / (E_{IT})$)	PUE	1,39	1,15

1,15 melhor no parâmetro comparado

preço energia = 0,10 €/kWh

preço água = 1,67 €/m3

Perguntas?

carlos.lisboa@blcnnavitas.pt