



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Electrotécnica Energia e Automação



**Previsão da capacidade de transporte das linhas aéreas
para o mercado diário do MIBEL**

MARCO ANDRÉ TIMÓTEO DA SILVA

(Licenciado em Engenharia Electrotécnica)

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrotécnica

Orientador:

Professor Rui José Oliveira Nóbrega Pestana

Júri:

Presidente:

Professor Doutor Luís Manuel dos Santos Redondo

Vogais:

Professor Rui José Oliveira Nóbrega Pestana
Doutor Joaquim M. Antunes Duque

Novembro de 2016

Agradecimentos

No meu percurso académico, que agora culmina com a presente tese de Mestrado em Engenharia Electrotécnica, tive a felicidade de contar com o apoio, directo ou indirecto, de um número de pessoas, das quais destaco aquelas a quem, seguidamente, apresento meu sincero agradecimento.

Ao Engenheiro Rui Pestana, orientador desta dissertação, agradeço a sua disponibilidade, entusiasmo, rigor científico e sentido crítico.

Ao Engenheiro José Cordeiro, agradeço a sua compreensão e apoio.

Aos meus colegas de curso, agradeço a amizade, companheirismo e incentivo ao longo deste percurso.

À minha família e amigos, que acreditaram e me incentivaram, agradeço o apoio e a compreensão.

À Cristina, pelo apoio, encorajamento e por me ter feito acreditar, muito obrigado

Resumo

A capacidade de transporte de uma linha eléctrica aérea depende de factores relacionados com as características próprias do condutor tais como o material que o compõe, a resistência eléctrica, o diâmetro, a elasticidade mecânica, a emissividade e absorvidade.

Além das características físicas do condutor, existem factores externos que afectam a sua capacidade de transporte. De entre esses, contam-se os factores meteorológicos, como a temperatura ambiente, a chuva, a neve, a velocidade e a direcção do vento, a intensidade de radiação solar e a densidade do ar.

No projecto de uma linha é estipulada uma temperatura máxima do condutor à qual essa linha pode ser explorada em condições de segurança. Essa temperatura é denominada temperatura de projecto.

A cada dia, o operador de rede português informa o MIBEL - *Mercado Ibérico de Electricidade* da capacidade de interligação para o dia seguinte, entre Portugal e Espanha. Além disso, procede informaticamente à validação do perfil de geração do MIBEL, recorrendo a uma ferramenta denominada VTP – *Verificação Técnica do Programa de Exploração*.

Por outro lado, o operador de rede fornece, para a ENTSO-E - *European Network of Transmission System Operators for Electricity*, um ficheiro DACF – *Day Ahead Congestion Forecast* para cada hora do dia, que contém toda a informação relevante sobre a rede eléctrica nacional para as 24 horas seguintes. Nesse ficheiro inclui-se a informação sobre os limites de capacidade de transporte das linhas e topologia da rede.

Tradicionalmente, os operadores utilizam métodos determinísticos, baseados em indicadores meteorológicos nacionais, sobre os quais são estabelecidos valores de referência. O cálculo da capacidade de transporte das linhas é feito com recurso a equações empíricas e em função da hora do dia e do ano.

A abordagem determinística pode ser considerada conservadora, pois os valores de referência de temperatura ambiente, velocidade do vento e radiação solar visam minimizar o risco. Porém, o recurso a este tipo de abordagem pode ter como consequência o não aproveitamento das linhas na sua plenitude.

Neste contexto, com esta dissertação pretende-se estudar e apresentar uma metodologia para previsão da capacidade de transporte das linhas para o mercado diário do MIBEL do dia seguinte e comprovar que a sua aplicação permite prever, com um grau de segurança aceitável, uma capacidade de transporte superior, na maior parte do tempo, àquela que é calculada actualmente pelo operador.

Pretende-se também comprovar que a metodologia permite aproximar a capacidade de transporte prevista daquela que pode ser calculada, em tempo real, no dia seguinte. A aplicação desta metodologia deverá resultar num risco menor de *market splitting* e de distorção do perfil de geração.

Neste trabalho, são criadas várias combinações de parâmetros meteorológicos, com valores de referência e com valores previsionais. São usados dois modelos de cálculo, numa metodologia unificada, onde um dos modelos, denominado de Kuipers & Brown, é o actualmente usado por grande parte dos operadores da rede de transporte e o outro, mais detalhado principalmente no que diz respeito à modelação do arrefecimento por efeito de convecção, foi desenvolvido por grupos de trabalho na CIGRÉ - *Conseil International des Grands Réseaux Électriques*.

Na presente dissertação não se pretende estudar a utilização de medições meteorológicas em tempo real, para realizar o chamado *rating* dinâmico nem usar métodos estatísticos para fazer previsão. Pretende-se apresentar uma alternativa ao *rating* dos operadores e criar uma metodologia que possa ser usada em conjunto com um modelo Mesoescala de previsão meteorológica, para gerar previsões de capacidade de transporte das linhas eléctricas para o dia seguinte.

É feita uma comparação entre os resultados da metodologia proposta, usando dados meteorológicos reais, aplicada a uma linha da RNT - *Rede Nacional de Transporte* e o cálculo em tempo real da capacidade de transporte da mesma linha, confirmando-se a adequabilidade da metodologia e sua aplicabilidade.

O objectivo da dissertação cumpre-se com a apresentação e análise de previsões diárias e resultados anuais de capacidade de transporte das linhas, usando a metodologia proposta e com a comparação dos resultados quer com a metodologia actualmente em uso pelo operador, quer com o cálculo em tempo real do operador referente ao ano de 2015.

No final, são apresentadas algumas considerações e sugestões para melhoramento da metodologia, com vista a desenvolvimento futuro.

Palavras-Chave: Linhas eléctricas aéreas, previsão de capacidade de transporte de energia, comportamento térmico de condutores aéreos, Kuipers & Brown

Abstract

The ampacity of an overhead power line depends on factors related with the conductor's physical characteristics, such as the material from which it's made of, it's electrical resistance, mechanical elasticity, diameter, emissivity and absorptivity.

The external factors that influence the conductor's ampacity are mainly the meteorological factors such as air temperature, rain, snow, wind speed and direction, solar radiation and air density.

During the design stage of a power line, a maximum operating temperature, called design temperature, is defined for that line. The design temperature is the maximum temperature allowed for the line conductors.

Each day, the Portuguese network operator informs MIBEL - *Iberian Electricity Market* about the interconnection capacity between Portugal and Spain for the day ahead. Furthermore, the operator validates the MIBEL's generation profile, with a tool called VTP – *Verificação Técnica do Programa de Exploração*.

On the other hand, the network operator delivers to ENTSO-E - *European Network of Transmission System Operators for Electricity* a DACF – *Day Ahead Congestion Forecast* file for each hour, which contains all the relevant information concerning the grid for the next 24 hours. Information about line ampacity and grid topology is included in the DACF file.

Traditionally, network operators use deterministic methods, based on meteorological historical information, to establish reference values. Ampacity calculations are performed with empirical equations and considering the season of the year and the time of the day.

This can be regarded as a conservative approach since the reference values, such as air temperature, wind speed and solar radiation, are aimed at lowering the risk. A possible consequence of this type of approach is that the power lines are frequently underexplored.

In such a context, this dissertation carries out the study and presentation of a methodology to forecast a power line's ampacity for the day ahead market of the MIBEL. The goals are to prove that it is possible to obtain, whilst maintaining an acceptable safety level, forecasts with greater line ratings, and to prove that the rating forecast is very similar to the real time rating. The implementation of the methodology should result in decreased risk of market splitting and generation profile distortion.

In this work, various combinations of meteorological parameters are used, both with reference and forecast values. Two mathematical models are used in a unified methodology. The Kuipers & Brown

model, currently used by many transmission network operators, is used. The second model is more detailed in terms of convection cooling and has been developed by CIGRÉ - *Conseil International des Grands Réseaux Électriques* workgroups.

This dissertation is not about studying the use of real time weather parameters measurement to perform dynamic rating nor about using statistical methods to forecast ampacity. The goal is to present an alternative to the operator's rating method and to propose a methodology which can be used with a Mesoscale weather forecast model, to generate power line ampacity forecasts for the next day.

In this work, a comparison is made between the results obtained with recorded weather parameters and the proposed methodology and the operator's real time rating, confirming the suitability of the methodology for this purpose.

The goal of the dissertation is attained by presenting and analyzing daily forecasts and yearly results, obtained using the proposed methodology and by comparing the obtained results with the operator's current rating method and with the operator's real time rating, based on 2015 weather measurements.

Some considerations and suggestions are presented at the end, with the goal of improving the methodology for future development.

Keywords: Overhead power lines, line rating, thermal balance of overhead conductors, Kuipers & Brown

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice	vii
Índice de figuras	xi
Índice de tabelas	xiii
Lista de siglas e acrónimos	xv
Simbologia.....	xvii
1. Introdução.....	2
1.1. Objectivo da dissertação	5
1.2. Estrutura da dissertação.....	6
1.3. Estado da arte	7
1.4. O Mercado Ibérico de Electricidade - MIBEL	9
1.5. O modelo de previsão Mesoescala.....	10
2. Comportamento térmico de condutores aéreos em regime estacionário.....	14
2.1. Modelo CIGRÉ.....	14
2.1.1. Aquecimento do condutor	14
2.1.1.1 Aquecimento por efeito de Joule - P_j	14
2.1.1.2 Aquecimento por efeito magnético - P_m	15
2.1.1.3 Aquecimento por efeito da radiação solar - P_s	16
2.1.1.4 Aquecimento por efeito de coroa - P_i	17
2.1.1.5 Distribuição da temperatura no condutor	17
2.1.2. Arrefecimento do condutor	18
2.1.2.1 Arrefecimento por efeito convectivo - P_c	18
2.1.2.2 Convecção Forçada	19
2.1.2.3 Convecção Natural	21
2.1.2.4 Arrefecimento a velocidades de vento reduzidas.....	22
2.1.2.5 Arrefecimento por efeito radiativo - P_r	25
2.1.2.6 Arrefecimento por efeito evaporativo - P_w	26
2.1.3. Equação de equilíbrio térmico simplificada	26
2.2. Modelo de Kuipers e Brown.....	26
2.3. Comparação entre os modelos de Kuipers & Brown e CIGRÉ	27
2.3.1. Considerações para a comparação entre modelos.....	27
2.3.2. Resultados e análise da comparação entre modelos.....	28

2.4. Exemplos de cálculo	30
3. Metodologia	34
3.1. Variáveis de entrada	34
3.1.1. Parâmetros meteorológicos	34
3.1.1.1 Temperatura	35
3.1.1.2 Radiação solar	37
3.1.1.3 Vento.....	42
3.1.2. Características dos cabos condutores.....	45
3.2. Equipamento terminal nas subestações.....	46
3.3. Aplicabilidade da metodologia	47
3.4. Implementação da metodologia.....	48
3.5. Comparação com <i>rating</i> em tempo real.....	50
3.6. Sugestão de metodologia de vão crítico	52
4. Previsão para o dia seguinte.....	54
4.1. <i>Rating</i> fixo e <i>rating</i> de referência do operador de rede (V1 T1 R1) e (V1 T2 R2)	54
4.2. <i>Rating</i> com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2)	55
4.3. Previsão diária com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2).....	57
4.4. Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e céu limpo (V1 T4 R3)	58
4.5. Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e de radiação solar (V1 T4 R5)	59
4.6. Previsão diária com previsão de velocidade e direcção de vento, de temperatura e de radiação solar (V4 T4 R5).....	60
4.7. Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e céu limpo (V5 T4 R3).....	62
4.8. Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e de radiação solar (V5 T4 R5).....	63
5. Resultados anuais	66
5.1. Resultados anuais com <i>Rating</i> fixo e <i>rating</i> de referência do operador de rede (V1 T1 R1) e (V1 T2 R2).....	66
5.2. Resultados anuais com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2).....	67
5.3. Resultados anuais com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2).....	68
5.4. Resultados anuais com vento fixo, previsão de temperatura e céu limpo (V1 T4 R3)	69
5.5. Resultados anuais com vento fixo, previsão de temperatura e de radiação solar (V1 T4 R5)	71
5.6. Resultados anuais com previsão de velocidade e direcção de vento, de temperatura e de radiação solar (V4 T4 R5).....	72

5.7. Resultados anuais com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e céu limpo (V5 T4 R3)	73
5.8. Resultados anuais com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e de radiação solar (V5 T4 R5)	74
5.9. Resumo e análise de resultados de previsão anuais.....	75
5.9.1. Capacidade mínima e máxima	75
5.9.2. Número de horas acima ou abaixo do rating de referência do operador.....	77
5.9.3. Energia transportada anualmente.....	79
6. Conclusões e sugestões	82
Bibliografia	86
Anexos	88

Índice de figuras

Figura 1 – Perfil representativo de um vão de uma linha.....	3
Figura 2 - Linha Fratel – Falagueira, a 150 kV – Limite de capacidade de transporte calculado com rating de referência e com rating em tempo real – ano de 2015.....	4
Figura 3 - Linha Fratel – Falagueira, a 150 kV – Estimativa da energia transportada anualmente	6
Figura 4 - Processos atmosféricos com efeitos não hidrostáticos (Adaptado de [14]).....	12
Figura 5 - Descontinuidade do modelo proposto por Douglass et al. a velocidades de vento reduzidas .	24
Figura 6 – Adaptação da Linearização proposta por Bertinat para ventos reduzidos	25
Figura 7 - Comparação entre modelos - Cenários 1,2 e 3 – Resultado de cálculo	29
Figura 8 - Comparação entre modelos - Cenários 4,5 e 6 – Resultado de cálculo	29
Figura 9 - Comparação entre modelos - Cenários 7,8 e 9 – Resultado de cálculo	29
Figura 10 - Temperaturas máximas a usar nas linhas e instalações da RNT. (Fonte: [20])	36
Figura 11 - Comparação entre radiação solar do algoritmo de céu limpo (Classe R3) e das medições locais em 2015 (Classe R4).....	40
Figura 12 - Comparação entre radiação solar do algoritmo de céu limpo (Classe R3) e as classes R1 e R2	41
Figura 13 – Direcção do vento - δ_a , direcção da linha - δ_b e ângulo de incidência do vento - δ_v	42
Figura 14 - Comparação de resultados dos modelos para velocidades de vento entre 1 e 10 m/s	43
Figura 15 - Composição dos cabos ACSR estudados (Fonte: Solidal - Catálogo de condutores eléctricos)	45
Figura 16 - Fluxograma da metodologia proposta	49
Figura 17 - Comparação entre a capacidade de transporte obtida por aplicação da metodologia proposta e o rating em tempo real.....	50
Figura 18 - Comparação entre a temperatura do cabo calculada por aplicação da metodologia proposta e pela estimativa do ORT.....	51
Figura 19 - Ilustração de possível aplicação da grelha Mesoescala 5x5 km a uma linha da RNT.....	52
Figura 20 – Sugestão de metodologia de vão crítico – Fluxograma	53
Figura 21 - Rating fixo e rating de referência do operador de rede (V1 T1 R1) e (V1 T2 R2) – Dia de Inverno	54
Figura 22 - Rating fixo e rating de referência do operador de rede (V1 T1 R1) e (V1 T2 R2) – Dia de Verão	55
Figura 23 - Rating com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2) – Dia de Inverno.....	56
Figura 24 - Rating com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2) – Dia de Inverno – Dia de Verão.....	56
Figura 25 - Previsão diária com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2) – Dia de Inverno	57
Figura 26 - Previsão diária com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2) – Dia de Verão	58
Figura 27 - Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e céu limpo (V1 T4 R3) – Dia de Inverno	58
Figura 28 - Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e céu limpo (V1 T4 R3) – Dia de Verão	59
Figura 29 - Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e de radiação solar (V1 T4 R5) – Dia de Inverno.....	59
Figura 30 - Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e de radiação solar (V1 T4 R5) – Dia de Verão	60

Figura 31 - Previsão diária com previsão de velocidade e direcção de vento, de temperatura e de radiação solar (V4 T4 R5) – Dia de Inverno	61
Figura 32 - Previsão diária com previsão de velocidade e direcção de vento, de temperatura e de radiação solar (V4 T4 R5) – Dia de Verão.....	61
Figura 33 - Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e céu limpo (V5 T4 R3) – Dia de Inverno	62
Figura 34 - Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e céu limpo (V5 T4 R3) – Dia de Verão.....	63
Figura 35 - Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e de radiação solar (V5 T4 R5) – Dia de Inverno	63
Figura 36 - Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e de radiação solar (V5 T4 R5) – Dia de Verão.....	64
Figura 37 - Previsão anual - 150 kV: Rating fixo (V1 T1 R1) e rating de referência do ORT (V1 T2 R2)	67
Figura 38 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2).....	68
Figura 39 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2).....	69
Figura 40 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com vento fixo, temperatura prevista e algoritmo de céu limpo (V1 T4 R3).....	70
Figura 41 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar prevista (V1 T4 R5).....	71
Figura 42 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com direcção e velocidade de vento, temperatura e radiação solar previstas (V4 T4 R5).....	72
Figura 43 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com previsão de velocidade limitada de vento, direcção, temperatura e algoritmo de céu limpo (V5, T4, R3).....	74
Figura 44 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com previsão de velocidade limitada de vento, direcção, temperatura e radiação solar (V5, T4, R5).....	74
Figura 45 – Capacidade de transporte máxima e mínima de cada combinação de classes	76
Figura 46 – Estimativa da energia total transportada anualmente.....	79

Índice de tabelas

Tabela 1 - Subescalas do modelo Mesoescala.....	11
Tabela 2 - Densidades de corrente dos cabos em estudo em função dos limites de corrente estipulados pelo ORT.....	17
Tabela 3 - Constantes para cálculo de convecção forçada em condutores de superfície entrançada por fluxo de ar constante [16].....	20
Tabela 4 - Constantes para cálculo de convecção forçada em função do ângulo de incidência do vento	21
Tabela 5 - Constantes para cálculo de convecção natural em condutores aéreos.....	22
Tabela 6 - Variáveis de entrada para comparação entre os modelos Kuipers & Brown e CIGRÉ	28
Tabela 7 - Características do cabo usado para comparação entre os modelos Kuipers & Brown e CIGRÉ	28
Tabela 8 - Temperatura de referência.....	36
Tabela 9 - Classes de temperatura.....	37
Tabela 10 - Horas de alvorada e ocaso em função do mês.....	37
Tabela 11 - Classes de radiação solar.....	42
Tabela 12 - Classes de velocidade do vento.....	44
Tabela 13 - Características dos cabos em estudo	46
Tabela 14 - Escalões de correntes nominais em painéis de linha de subestações da RNT.....	47
Tabela 15 - Linhas MAT em estudo.....	47
Tabela 16 - Medidas de erro da metodologia em relação ao rating em tempo real do operador.....	51
Tabela 17 - Medidas de erro do cálculo de temperatura do cabo.....	51
Tabela 18 - Número de horas acima ou abaixo do rating de referência do operador.....	77
Tabela 19 – Estimativa da energia total transportada e ganhos em relação ao rating do operador	80

Lista de siglas e acrónimos

AAAC – All Aluminum Alloy Conductor

AAC – All Aluminum Conductor

AACSR - Aluminium Alloy Conductor Steel Reinforced

ACAR – Aluminium Conductor Alloy Reinforced

CA – Corrente Alternada

ACSR – Aluminum Conductor Steel Reinforced

CIGRÉ – Conseil International des Grands Réseaux Électriques

CC – Corrente Contínua

DACF – Day Ahead Congestion Forecast

EDP – Electricidade de Portugal

ENTSO-E – European Network of Transmission System Operators for Electricity

GMT – Greenwich Meridian Time

GPRS – General Packet Radio Service

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

MAT – Muito Alta Tensão

MIBEL – Mercado Ibérico de Electricidade

ORT – Operador da Rede de Transporte

PE – Parque Eólico

REN – Rede Eléctrica Nacional, S.A.

RNT – Rede Nacional de Transporte

RRT – Regulamento da Rede de Transporte

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

RSLEAT – Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão

VBA – Visual Basic for Applications

VTP – Verificação Técnica do Programa de Exploração

Simbologia

α	Coefficiente de temperatura linear da resistência eléctrica [1/°C]
α_s	Absortividade solar da superfície do condutor [adimensional]
β_a	Factor de difusão atmosférica [adimensional]
c	Capacidade térmica específica do ar à pressão constante [J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]
d	Diâmetro de cada fio da camada exterior do cabo condutor [m]
ε	Emissividade [adimensional]
f	Flecha do cabo condutor [m]
φ	Latitude do local de observação [°]
D	Diâmetro externo do condutor [m]
d_0	Distância do condutor ao obstáculo [m]
δ_a	Direcção do vento [°]
δ_b	Direcção do vão da linha [°]
δ_s	Declinação do sol [°]
ΔT	Equação do tempo [°]
δ_v	Ângulo de incidência do vento [°]
g	Aceleração da gravidade [m·s ⁻²]
Gr	Número de Grashof [adimensional]
γ	Altura angular do sol [°]
γ_a	Densidade do ar à cota altimétrica do condutor [kg·m ⁻³]
h_c	Coefficiente de transferência de calor por efeito convectivo [W·m ⁻² ·K ⁻¹]
I	Corrente eléctrica eficaz [A]
J	Dia do ano [d]
k_j	Coefficiente de efeito pelicular [adimensional]

λ	Longitude [°]
λ_f	Condutividade térmica do ar [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
m	Massa atmosférica equivalente [adimensional]
μ_f	Viscosidade dinâmica do ar à temperatura do ar adjacente ao condutor [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$]
Nu_{90}	Número de Nusselt para um ângulo de incidência de 90 °C [adimensional]
Nu	Número de Nusselt [adimensional]
Nu_{lin}	Número de Nusselt linearizado para velocidades de vento reduzidas [adimensional]
Nu_{vr}	Número de Nusselt corrigido para velocidades de vento reduzidas [adimensional]
Nu_{cn}	Número de Nusselt para convecção natural [adimensional]
Nu_{δ_v}	Número de Nusselt em função de um ângulo de incidência δ_v [adimensional]
P_j	Aquecimento por efeito de Joule [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$]
P_m	Aquecimento por efeito magnético [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$]
P_s	Aquecimento por efeito solar [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$]
P_i	Aquecimento por efeito coroa [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$]
P_c	Arrefecimento por efeito convectivo [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$]
P_r	Arrefecimento por efeito radiativo [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$]
Pr_t	Número de Prandtl [adimensional]
P_w	Arrefecimento por efeito evaporativo [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$]
R_{ca}	Resistência linear à passagem de corrente eléctrica alternada [$\Omega\cdot\text{m}^{-1}$]
Re	Número de Reynolds [adimensional]
R_{cc}	Resistência linear à passagem de corrente eléctrica contínua [$\Omega\cdot\text{m}^{-1}$]
R_{cc20}	Resistência linear à passagem de corrente eléctrica contínua a 20 °C [$\Omega\cdot\text{m}^{-1}$]
R_f	Rugosidade do condutor [adimensional]
ρ	Densidade do ar a uma determinada altitude [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

ρ_0	Densidade do ar ao nível do mar [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]
ρ_r	Densidade do ar relativa [adimensional]
S	Intensidade de radiação solar global [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]
$S(0)$	Constante Solar [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]
S_{dif}	Intensidade de radiação solar difusa [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]
S_{dir}	Intensidade de radiação solar directa [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]
σ_B	Constante de Stefan-Boltzmann [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$]
\bar{T}	Temperatura média do condutor [$^{\circ}\text{C}$]
T_a	Temperatura ambiente [$^{\circ}\text{C}$]
T_f	Temperatura do ar adjacente ao condutor [$^{\circ}\text{C}$]
T_L	Factor de perturbação atmosférica [adimensional]
T_s	Temperatura superficial do condutor [$^{\circ}\text{C}$]
TSV	Tempo solar verdadeiro do local de observação (ângulo horário) [$^{\circ}$]
TSM	Tempo solar médio (ângulo horário) [$^{\circ}$]
TU	Hora GMT [h]
v_{10}	Velocidade do vento a 10 m de altura [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
v_{85}	Velocidade do vento a 85 m de altura [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
v	Velocidade do vento [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
ν_f	Viscosidade cinemática do ar à temperatura do ar adjacente ao condutor [$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$]
x_i, y_i	Coordenadas geográficas do apoio i da linha [m]
y	Cota altimétrica acima do nível do mar [m]
w	Ângulo horário do Sol [$^{\circ}$]
Z_0	Comprimento característico da rugosidade do solo [m]
Z	Altitude do local de observação [km]

1. Introdução

No mundo moderno é inegável a importância da contribuição da energia eléctrica para o desenvolvimento económico e social das nações. Porém, a demanda global por energia e muitas vezes a saturação das redes existentes, juntamente com factores como a integração cada vez mais efectiva de energias renováveis e a necessidade de criar mecanismos de salvaguarda da capacidade de interligação entre países, constituem-se como alguns dos principais motivos que levam empresas e investigadores a procurar dar resposta a esta problemática, relevando a necessidade de procurar novas abordagens com vista a explorar na plenitude a capacidade de transporte das linhas eléctricas aéreas existentes.

Se, por um lado, se tem assistido a um crescimento do número de centrais de produção de energia renovável, nomeadamente fotovoltaica e eólica, por outro, a crescente contestação social que se faz sentir contra a construção de novas linhas eléctricas aéreas e a intensificação das restrições ambientais, faz com que os ORT - *Operadores das Redes de Transporte* procurem formas inovadoras de maximizar as capacidades das linhas existentes.

A forma mais frequente de aproveitar os corredores já estabelecidos e aumentar a capacidade das linhas existentes é através do alteamento dos apoios da mesma, permitindo a operação dos condutores a maiores temperaturas e sem comprometer as distâncias de segurança. Esta operação denomina-se *uprating* e envolve intervenções relativamente trabalhosas, por vezes em zonas de difícil acesso e com notório impacto ambiental. É também possível aumentar a capacidade de transporte subindo o nível de tensão da linha. Este processo, que se designa por *upgrading* implica a revisão das distâncias de isolamento e de segurança pelo que obriga, em geral, a alterações morosas, como é o caso da substituição das cadeias de isoladores e, em certos casos, a substituição de apoios. Com a evolução das tecnologias dos materiais, surgiram condutores com características especiais, dotados de resistência eléctrica inferior à dos cabos ACSR tradicionais. Estes novos tipos de condutores permitem incrementar a capacidade de transporte, sem haver necessidade de intervencionar os apoios da linha. Trata-se, no entanto, de uma solução ainda com custos elevados, pelo que a sua aplicação está usualmente reservada para casos particulares.

No projecto de uma linha eléctrica é estabelecida uma temperatura máxima a que o condutor pode operar. A essa temperatura, o condutor está na situação de flecha máxima que pode atingir sem violar as distâncias de segurança previstas pelo RSLEAT - *Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão*.

O referido regulamento estipula também a distância de segurança que deve ser respeitada a obstáculos como árvores, edifícios, estradas, vias férreas – electrificadas ou não, outras linhas aéreas e ao solo, além de outros. Esta distância de segurança é tanto maior quanto maior for o nível de tensão.

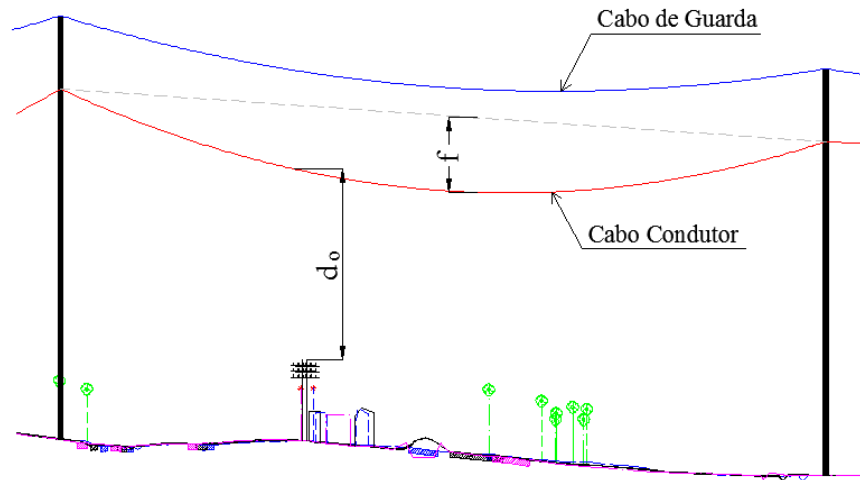


Figura 1 – Perfil representativo de um vão de uma linha

Legenda:

f – Flecha do cabo condutor [m];

d_o - Distância do condutor ao obstáculo [m].

A flecha do condutor depende, em grande medida, da sua temperatura. Com a diminuição da temperatura, o cabo contrai-se, aumentando a tração mecânica e diminuindo a flecha. Neste caso, o condutor afasta-se dos obstáculos sob a linha. Quando a temperatura aumenta, o cabo dilata-se, aumentando a flecha e diminuindo a tração mecânica. Neste caso, o condutor aproxima-se dos obstáculos sob a linha.

Caso o condutor atinja temperaturas superiores à temperatura de projecto, a dilatação do cabo é tal que a flecha máxima permitida é ultrapassada, ficando comprometida a distância de segurança aos obstáculos e o condutor poderá, eventualmente, ficar sujeito a degradação.

Factores como a corrente eléctrica, a temperatura ambiente, a velocidade do vento e a radiação solar, entre outros, afectam a temperatura do cabo. Estes factores contribuem, uns para aquecer o condutor e outros para o arrefecer. Neste caso, e em regime estacionário, isto é, sem alterações significativas da intensidade de corrente eléctrica, estabelece-se um equilíbrio térmico em que:

$$\text{Ganhos térmicos} = \text{Perdas Térmicas}$$

O processo de determinação e estabelecimento da capacidade de transporte de uma linha designa-se, na literatura anglo-saxónica, por *rating*. É frequente os operadores das redes de transporte de energia eléctrica usarem o método de *rating* determinístico, estimando de forma conservadora as condições meteorológicas que afectam a temperatura dos condutores, com base em valores de referência. Note-se também que as condições meteorológicas são frequentemente distintas ao longo de uma linha, o que dificulta o *rating* da linha. Assim, é usual os operadores da rede dividirem o ano em estações, às quais

são atribuídas condições meteorológicas fixas e conservadoras, o que faz com que as linhas operem normalmente abaixo dos seus limites reais. Actualmente, este é o método de *rating* usado em Portugal. É com base neste método que são indicadas, quer para o MIBEL, quer para a ENTSO-E as capacidades de transporte das linhas. Nesta dissertação designar-se-á este método como *rating* de referência do operador ou, simplesmente, *rating* de referência.

Outra forma de determinar a capacidade de transporte das linhas denomina-se *rating* dinâmico e não deve ser confundido com regime dinâmico. Enquanto o regime dinâmico pressupõe a variação no tempo das grandezas, como por exemplo a corrente, temperatura e a velocidade do vento, o *rating* dinâmico baseia-se nas equações que descrevem o regime estacionário e usa as medições em tempo real das condições meteorológicas, registadas com recurso a dispositivos normalmente instalados nas imediações ou nas próprias linhas.

Por se basear em medições locais, o *rating* dinâmico deverá reflectir com maior rigor a real capacidade de transporte das linhas, pelo que se constitui como o ideal a atingir. Nesta dissertação é usado, para efeitos de comparação, o *rating* dinâmico de uma linha da RNT, que se designará como *rating* em tempo real.

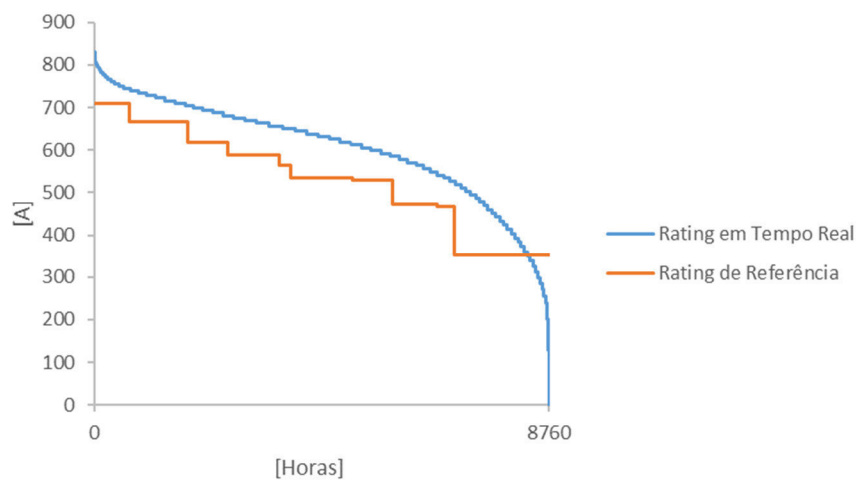


Figura 2 - Linha Fratel – Falagueira, a 150 kV – Limite de capacidade de transporte calculado com rating de referência e com rating em tempo real – ano de 2015

O histograma representado na Figura 2 ilustra a diferença anual dos limites de capacidade de transporte de uma linha da RNT, calculados com o *rating* de referência do operador e com o *rating* dinâmico, isto é, o *rating* em tempo real, baseado em dados meteorológicos medidos localmente.

Nota: É de realçar que o rating em tempo real considera, neste caso, uma velocidade de vento fixa de 0,6 m/s, enquanto os restantes parâmetros são medidos localmente.

Têm sido testados, com algum sucesso, dispositivos que permitem avaliar a temperatura da linha e/ou a flecha dos condutores, em tempo real. Trata-se de uma solução promissora, porém ainda com um custo considerável, pelo que a sua generalização implicaria ainda custos avultados.

A incerteza associada à determinação das condições meteorológicas indicia a importância da correcta avaliação das mesmas. Com dados meteorológicos fidedignos é possível aumentar, com um grau significativo de segurança, a capacidade de transporte de uma linha sem necessidade de realizar quaisquer modificações físicas na infraestrutura.

Com a criação de mercados de energia transnacionais, em particular o MIBEL, é criado o mercado diário, para o qual é necessário indicar a capacidade transporte das linhas no dia seguinte. É neste âmbito que se insere a presente dissertação, que propõe uma nova metodologia para prever para o dia seguinte a capacidade de transporte das linhas eléctricas e a sua comparação com o método de *rating* de referência e com o método de *rating* em tempo real.

1.1. Objectivo da dissertação

O objectivo da presente dissertação é a apresentação de uma nova metodologia para realizar a previsão da capacidade de transporte das linhas eléctricas aéreas para o mercado diário do MIBEL. Com este trabalho pretende-se criar uma ferramenta para os operadores da rede de transporte, com a qual estes possam gerar, para o citado mercado, previsões de capacidade de transporte para o dia seguinte. O foco da metodologia está em aproximar o mais possível a capacidade prevista da capacidade real da linha no dia seguinte, calculada com *rating* em tempo real, com uma preocupação eminente em minimizar o risco de ultrapassar as temperaturas máximas para as quais as linhas foram projectadas.

A relevância do trabalho justifica-se com a preocupação dos operadores em explorar de forma mais plena as infraestruturas existentes e com isso obter benefícios, quer em termos operacionais, com vantagens ao nível do despacho como, por exemplo, na resolução de eventuais congestionamentos, quer em termos económicos.

A Figura 3 apresenta a comparação entre a estimativa da energia transportada no decurso do ano de 2015 com o método de *rating* de referência, actualmente usado pelo operador e a estimativa realizada com o *rating* em tempo real, que usa a temperatura ambiente e a radiação solar medidas no local e vento de 0,6 m/s. Neste caso, a utilização de parâmetros meteorológicos medidos localmente e em tempo real para *rating* das linhas levaria a um aumento de cerca de 14% da energia transportada anualmente, caso a linha fosse explorada em função dos limites calculados.

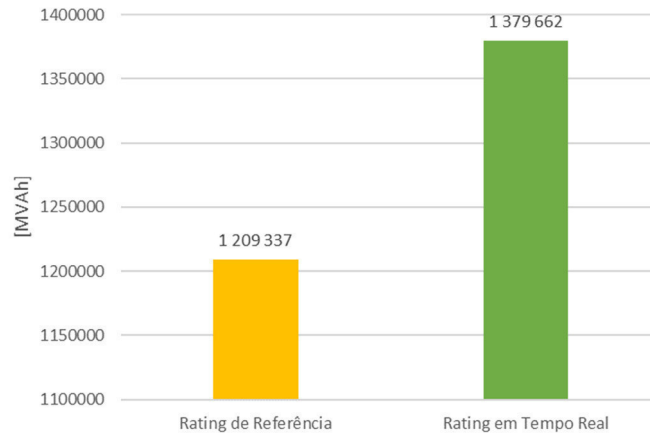


Figura 3 - Linha Fratel – Falagueira, a 150 kV – Estimativa da energia transportada anualmente

A metodologia proposta difere de metodologias anteriores em alguns aspectos. O presente trabalho baseia-se no equilíbrio térmico dos condutores em regime estacionário. São usados dois modelos matemáticos, diferentes entre si na forma como descrevem o arrefecimento do condutor por efeito convectivo. A necessidade de usar dois modelos justifica-se pela importância de caracterizar adequadamente o arrefecimento por convecção a velocidades de vento reduzidas, situação em que a probabilidade de ultrapassar a temperatura máxima do condutor é maior.

A metodologia é aplicada, sendo realizadas previsões de capacidade de transporte para um dia de Verão e num dia de Inverno. A aplicação da metodologia é estendida a um ano completo. Os resultados são, num caso e no outro, analisados e comparados com os resultados do *rating* de referência e com o *rating* em tempo real do operador, para o ano de 2015.

1.2. Estrutura da dissertação

A presente dissertação divide-se fundamentalmente em seis capítulos, descritos seguidamente, de forma sucinta.

O primeiro capítulo é introdutório, servindo para enquadrar o trabalho realizado, enumerar as motivações e os objectivos que se pretenderam atingir. Neste capítulo faz-se ainda um resumo sobre alguns trabalhos e metodologias já exploradas, assim como uma breve descrição do MIBEL e do modelo Mesoescala de previsão meteorológica.

No segundo capítulo abordam-se os dois modelos matemáticos que servem de base à metodologia que se apresenta nesta dissertação, enumerando-se as diferenças entre ambos os modelos, com foco na modelização de ventos reduzidos. Procedem-se a alguns exemplos de cálculo, com vista a comparar os resultados de ambos os modelos.

O terceiro capítulo é descritivo da metodologia proposta, das variáveis de entrada e das premissas assumidas e é onde se estabelece a aplicabilidade da metodologia. É também neste capítulo que se realiza a comparação dos resultados da aplicação da metodologia a dados meteorológicos reais com o *rating* em tempo real, para uma linha da RNT.

No quarto capítulo é aplicada a metodologia, com diversas combinações de parâmetros meteorológicos, à previsão da capacidade de transporte para o dia seguinte. É usada uma linha de 150 kV da RNT. São usados como referência um dia de Verão e um dia de Inverno. Os resultados são analisados e comparados com o *rating* de referência e com o *rating* em tempo real.

No quinto capítulo a metodologia é aplicada a um ano de previsões meteorológicas. São usadas três linhas da RNT e as combinações de classes descritas anteriormente. Estimam-se os ganhos em termos de energia transportada anualmente e analisam-se os resultados anuais da aplicação da metodologia.

O sexto capítulo apresenta as conclusões do trabalho realizado e as sugestões do autor para o desenvolvimento de trabalhos futuros no âmbito desta dissertação.

1.3. Estado da arte

O procedimento usual dos operadores para prever a capacidade de transporte tem consistido na divisão do ano em estações, sendo atribuídos valores de referência aos parâmetros meteorológicos, o que resulta em linhas muitas vezes subaproveitadas.

Alguns estudos incidentes sobre a capacidade de transporte das linhas têm sido desenvolvidos por diversos autores. De entre as diferentes abordagens que têm sido propostas, descrevem-se de seguida algumas, de forma sucinta.

Musavi e Chamberlain [1] estudam a utilização de dispositivos que medem a corrente, voltagem e temperatura da linha. A informação é enviada para servidores para processamento. Juntamente com as condições meteorológicas nas imediações da linha, tais como a velocidade e direcção do vento, a temperatura ambiente, a pressão atmosférica e a humidade relativa, os autores afirmam ser possível realizar previsões de capacidade de transporte com precisão notável, baseados na metodologia IEEE-738.

Em Portugal, a EDP Distribuição levou a cabo um estudo piloto, com vista a estudar os benefícios da utilização de dispositivos que permitissem determinar a capacidade de transporte das linhas em tempo real. Esse estudo, descrito por Bernardo et al. [2], que compreendia a utilização de três dispositivos distintos, não tinha sido concluído à data da redacção do artigo, pelo que nem todos os dispositivos tinham sido testados. O aparelho efectivamente testado mede a temperatura da linha através de um sensor,

medindo também a corrente através de um transformador de corrente incorporado. Considerou-se que, para aumentar a probabilidade de realizar medições no pior cenário possível os dispositivos fossem colocados em vãos das linhas alinhados com a direcção predominante do vento, não havendo, no entanto, garantia que o sensor estivesse de facto a medir o caso mais desfavorável.

Yang et al. [3] sugerem a utilização de redes neuronais de perceptrões multicamada para a estimação do *rating* da linha, num modelo térmico dos condutores simplificado. No trabalho desenvolvido por estes autores é usado um algoritmo de aprendizagem com retropropagação de erros. Após a estimação dos parâmetros, é proposta uma metodologia para obter a curva limite de corrente-temperatura da linha.

Nota: Em Redes Neuronais Artificiais, um perceptrão tenta representar matematicamente um neurónio biológico. Na sua forma mais simples, gera uma saída, resultado de uma função não linear de activação da soma ponderada das suas entradas, afectadas pelos seus pesos específicos [4]

Li et al. [5] usam dispositivos de medição instalados nas linhas, capazes de registar a informação térmica da linha, que é usada juntamente com a informação das condições meteorológicas para treinar e testar uma rede neuronal com vista a prever a capacidade de transporte. Estes autores propõem a utilização de uma resposta de impulso finita, que introduz um modelo de memória de curta duração, capaz de mimetizar a correlação entre a informação passada relativa ao condutor e a sua temperatura no futuro. Os autores afirmam que a rede neuronal de retropropagação proposta permite ser treinada para tratar os dados recolhidos e realizar previsões relativamente precisas, por comparação com os dados recolhidos.

Numa abordagem relacionada com o aumento da corrente das linhas para permitir a integrar mais potência eólica na rede sueca, Lindberg [6] analisa a correlação entre os dados medidos em duas linhas, tais como a flecha, temperatura do cabo, temperatura ambiente, radiação solar, velocidade do vento e corrente da linha e propõe um modelo para a temperatura da linha, como função da radiação solar, corrente, temperatura ambiente e velocidade do vento. A autora usa um modelo no qual são conhecidas as características físicas do sistema e são usados os dados provenientes das medições para modelar a temperatura da linha.

Uma abordagem diferente tem Furtado [7], que se baseia em métodos estatísticos para calcular indirectamente a capacidade de transporte e o risco térmico a partir de um número de amostras. O autor propõe uma metodologia baseada em dois métodos estatísticos distintos, comparando-os.

Casaleiro [8] propõe a modelação de redes eléctricas congestionadas, através de um modelo numérico baseado na metodologia CIGRÉ, para analisar dinamicamente a capacidade de transporte das linhas

eléctricas aéreas. O autor procura evidenciar os benefícios da análise realizada em regiões caracterizadas por exploração eólica elevada.

Krontikis et al. [9] analisam o comportamento térmico dos condutores em regime dinâmico e em regime estacionário, comparando-os. Os autores focam o estudo na capacidade térmica do condutor, procurando estabelecer uma margem de segurança para o limite de corrente na linha e procuram investigar as flutuações dos parâmetros meteorológicos para uma previsão a curto prazo, em particular para a hora seguinte. É apresentado um algoritmo para determinar o limite de corrente da linha, em função de uma previsão meteorológica para a hora seguinte.

O trabalho desenvolvido na presente dissertação tem algumas similaridades com o trabalho desenvolvido em [9], nomeadamente a preocupação em prever o limite de corrente e a abordagem à influência dos parâmetros atmosféricos na capacidade de transporte da linha. Os trabalhos diferem, no entanto, no horizonte temporal para o qual se pretende prever a capacidade de transporte e na metodologia usada para esse fim. A metodologia proposta nesta dissertação apresenta também alguns pontos de contacto com o trabalho apresentado em [8], diferindo, no entanto, no objectivo e na metodologia para o atingir.

1.4. O Mercado Ibérico de Electricidade - MIBEL

O Mercado Ibérico de Electricidade - MIBEL, constitui uma iniciativa conjunta dos Governos de Portugal e Espanha, visando a construção de um mercado regional de electricidade. Com a concretização do MIBEL, passou a ser possível, a qualquer consumidor no espaço ibérico, adquirir energia eléctrica, num regime de livre concorrência, a qualquer produtor ou comercializador que actue em Portugal ou Espanha. [10].

O mercado diário do MIBEL é a plataforma onde se transacciona electricidade para entrega no dia seguinte ao da negociação. Este mercado forma preço para cada uma das 24 horas de cada dia e para cada um dos 365 ou 366 dias de cada ano. Este mercado funciona através do cruzamento de ofertas - de compra e de venda - por parte dos diversos agentes registados para actuar naquele mercado, indicando cada oferta o dia e a hora a que se reporta, o preço e a quantidade de energia correspondentes [11].

O preço de mercado é encontrado através de um processo em que se ordenam de forma crescente em preço as ofertas de venda (curva de oferta) e de forma decrescente em preço as ofertas de compra (curva de procura) de electricidade para uma mesma hora. O preço de mercado é o menor dos preços que garante que a oferta satisfaz a procura [11].

O funcionamento do mercado diário em que participam os agentes portugueses implica que todos os compradores paguem um mesmo preço e todos os vendedores recebam esse mesmo preço, no que se

designa como modelo de preço marginal único. As regras de funcionamento deste mercado organizado são próprias do operador de mercado [11].

Adicionalmente, como o mercado diário compreende simultaneamente Portugal e Espanha, torna-se necessário prever a circunstância de as capacidades de interligação comercialmente disponíveis entre os dois países não comportarem os fluxos transfronteiriços de energia que o cruzamento de ofertas em mercado determinaria. Sempre que tal ocorre, as regras actuais de mercado determinam que se separem as duas áreas de mercado correspondentes a Portugal e Espanha e que se encontrem preços específicos para cada uma das áreas mencionadas. Este mecanismo é designado como *market splitting* ou, em português, separação de mercados [11].

A capacidade de interligação assume especial importância no sentido de permitir trocas internacionais, quer de carácter comercial, quer para socorro mútuo entre as redes de Portugal e do resto da rede da ENTSO-E, em particular a de Espanha [12].

Em Portugal, faz parte das competências do operador da rede de transporte, entre outras, planear e promover o desenvolvimento da rede de transporte e interligação, de forma a veicular a energia elétrica dos pontos de receção até aos pontos de entrega, assegurando o cumprimento dos padrões de segurança que lhe sejam aplicáveis e coordenar o funcionamento da rede de transporte e interligação por forma a assegurar a veiculação de energia elétrica dos pontos de receção até aos pontos de entrega, observando os níveis de qualidade de serviço regulamentarmente estabelecidos. [13].

O estudo de novas soluções e metodologias que permitam ao operador encontrar formas de aumentar a capacidade de transporte disponível para o mercado diário e a capacidade de interligação torna-se assim relevante e é uma das motivações basilares para o desenvolvimento da presente dissertação.

1.5. O modelo de previsão Mesoescala

Tradicionalmente, as previsões meteorológicas são realizadas à escala sinóptica. Este tipo de meteorologia analisa e realiza previsões para escalas iguais ou superiores a 2000 km. Fenómenos como depressões, anticlones e superfícies frontais estão bem compreendidos nesta escala. Porém, ao longo do tempo os meteorologistas têm desenvolvido a sensibilidade para os pontos fortes e fracos dos modelos sinóticos [14].

Existe, de facto, a necessidade de conhecer os fenómenos que acontecem a escalas inferiores e entender como estes fenómenos acontecem em função da topografia do terreno. O modelo sinótico estabelece as condições iniciais que depois são aprofundadas pelo modelo Mesoescala.

Os modelos Mesoescala dividem-se em três subescalas que permitem caracterizar diferentes fenómenos com diferentes ciclos de vida. A Tabela 1 mostra as diferenças entre as três subescalas [14].

Tabela 1 - Subescalas do modelo Mesoescala

Designação	Dimensões	Ciclo de vida	Fenómeno
Mesoescala – Alfa	200 - 2000 km	6 h – 2 Dias	Correntes de vento, pequenos furacões, anticiclones fracos
Mesoescala – Beta	20 – 200 km	30 min – 6 h	Ventos locais, ventos de montanha, complexos convectivos Mesoescala, grandes trovoadas
Mesoescala – Gamma	2 – 20 km	3 – 30 min	Maioria das trovoadas, grandes <i>cumulonimbus</i> , tornados de grandes dimensões

Os modelos hidrostáticos assumem, como o nome indica, que a atmosfera está em equilíbrio hidrostático quando a força resultante das diferenças de pressão, que puxa o ar no sentido ascendente é balanceada pela força da gravidade que puxa o ar para baixo [14].

À escala sinóptica e mesmo nos limites superiores da Mesoescala - Alfa, a atmosfera está muito perto do equilíbrio hidrostático, pois a movimentação vertical do ar é lenta quando comparada com o movimento horizontal. No entanto, em Mesoescala – Beta e Mesoescala – Gamma, a velocidade vertical do ar pode mesmo ultrapassar a velocidade horizontal. É por este motivo que a meteorologia Mesoescala é frequentemente determinada por processos não-hidrostáticos [14].

Alguns dos processos atmosféricos que provocam efeitos não-hidrostáticos são a radiação solar, a convecção, a evaporação, o aquecimento da atmosfera e da superfície terrestre, a turbulência e os fluxos de humidade. Para fenómenos com menos de 10 km, os modelos meteorológicos devem incorporar directamente estes processos [14]. A Figura 4 apresenta uma ilustração destes processos.

À Mesoescala a morfologia do terreno afecta profundamente a meteorologia e por vezes tem um papel predominante. Para resoluções iguais ou inferiores a 20 km a importância da topografia é crítica para se compreender os efeitos locais nas previsões meteorológicas. Para isso é necessária uma elevada resolução da topografia [14].

Quer os fenómenos naturais, quer aqueles induzidos pelo homem podem afectar a meteorologia à Mesoescala. É o caso de erupções vulcânicas, fogos florestais ou mesmo a poluição. No entanto a natureza

esporádica ou a escala limitada destes fenómenos faz com que sejam extremamente difíceis de incorporar em modelos matemáticos [14].

Na presente dissertação apresenta-se um modelo de previsão de capacidade de transporte de linhas aéreas eléctricas para o dia seguinte. Para tal, é necessário conhecer a previsão de meteorologia para as próximas 24 horas. A relevância da apresentação do modelo Mesoescala no âmbito deste trabalho prende-se com a utilização das previsões meteorológicas obtidas a partir deste modelo que serão usadas em conjunto com a metodologia proposta neste trabalho para prever a capacidade de transporte das linhas para o dia seguinte.

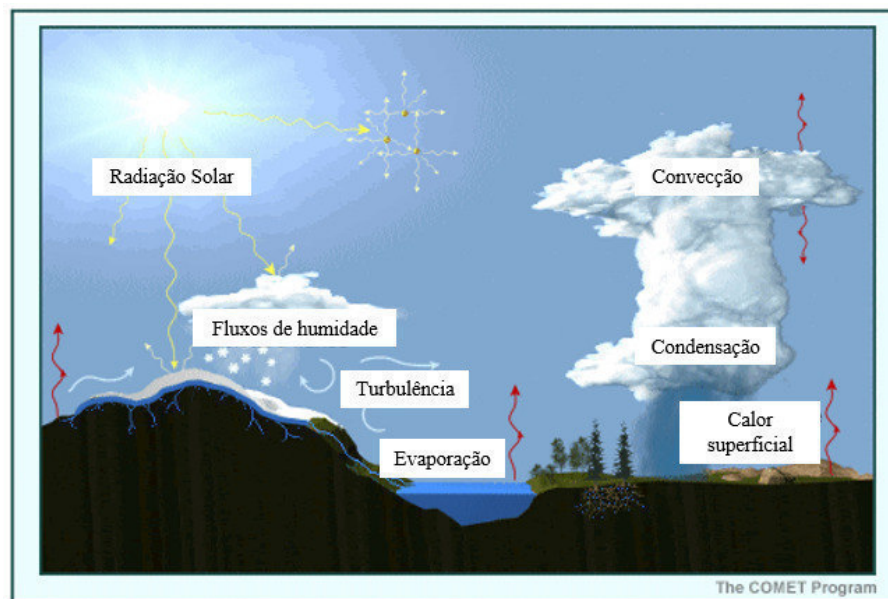


Figura 4 - Processos atmosféricos com efeitos não hidrostáticos (Adaptado de [14])

A utilização de modelos Mesoescala permite dividir uma linha em células com alguns quilómetros de lado e, para cada uma dessas células, obter uma previsão meteorológica individual. Com isto é possível caracterizar com maior rigor a previsão da meteorologia para toda a linha. O conhecimento das condições meteorológicas em cada célula permite também o desenvolvimento de uma metodologia que permita aferir, em cada momento, qual o vão crítico, isto é, o vão para o qual a capacidade de transporte calculada é a mais reduzida, limitando, por isso, a capacidade de transporte de toda a linha. Nos pontos 3.1.1 e 3.6, este assunto é abordado mais detalhadamente.

2. Comportamento térmico de condutores aéreos em regime estacionário

2.1. Modelo CIGRÉ

A temperatura de um condutor é determinada pelos parâmetros meteorológicos prevalentes, tais como a velocidade e direcção do vento, a temperatura ambiente ou a radiação solar. É também dependente da corrente eléctrica que o percorre. Assumindo que estes parâmetros são sensivelmente constantes ao longo do tempo, então a temperatura do condutor não se altera significativamente e pode-se considerar que o condutor se encontra num regime estacionário [15].

Nesta situação, os ganhos térmicos são iguais às perdas térmicas, ou seja, o calor absorvido é igual ao calor dissipado. Não há, portanto, variação significativa da temperatura n condutor. Neste caso pode então dizer-se que o condutor está em regime estacionário. A expressão que traduz o equilíbrio térmico do condutor é [16]:

$$P_j + P_m + P_s + P_i = P_c + P_r + P_w \quad (1)$$

onde:

P_j – Aquecimento por efeito de Joule [W/m];

P_m – Aquecimento por efeito magnético [W/m];

P_s – Aquecimento por efeito da radiação solar [W/m];

P_i – Aquecimento por efeito coroa [W/m];

P_c – Arrefecimento por efeito convectivo [W/m];

P_r – Arrefecimento por efeito radiativo [W/m];

P_w – Arrefecimento por efeito evaporativo [W/m].

2.1.1. Aquecimento do condutor

2.1.1.1 Aquecimento por efeito de Joule - P_j

O aquecimento por efeito de Joule deve-se à dissipação de calor causada pela resistência de um condutor à passagem de corrente. Este aquecimento é maior em corrente alternada devido ao efeito pelicular, que reflecte o aumento da resistência do condutor em função da frequência da corrente alternada.

O aquecimento por efeito de Joule, em corrente alternada, é descrito pela expressão:

$$P_j = I^2 \cdot R_{ca} \quad (2)$$

onde:

I – Corrente eléctrica alternada que percorre o condutor [A];

R_{ca} – Resistência linear em corrente alternada [Ω/m].

Efeito pelicular

Em corrente alternada, a resistência de um condutor aumenta devido à migração da corrente para a superfície do condutor. Este fenómeno é denominado como efeito pelicular [15].

A resistência em corrente alternada é dada pela expressão [16]:

$$R_{ca} = k_j \cdot R_{cc} \quad (3)$$

onde:

k_j – Coeficiente de efeito pelicular;

R_{cc} – Resistência linear em corrente contínua [Ω/m].

O efeito pelicular aumenta com o diâmetro do condutor e com a frequência. É usualmente inferior a 1,02 para a gama de diâmetros de condutores geralmente usados e para as frequências de rede mais comuns, mas pode chegar a 1,08 para condutores com diâmetros superiores a 45 mm [15].

O guia CIGRÉ [15] apresenta dois métodos, um gráfico e outro analítico, para determinar o coeficiente de efeito pelicular de um condutor. Na presente dissertação são usados os valores que constam na Tabela 13, que traduzem os valores de referência usados pelo ORT em Portugal.

A resistência linear do condutor, em corrente contínua, a uma temperatura média \bar{T} , é dada pela expressão:

$$R_{cc} = R_{cc20} \cdot [1 + \alpha(\bar{T} - 20)] \quad (4)$$

onde:

R_{cc20} – Resistência linear em corrente contínua, a 20 °C [Ω/m];

α - Coeficiente de temperatura da resistência por grau Celsius [$1/^\circ\text{C}$];

\bar{T} - Temperatura média do condutor [$^\circ\text{C}$].

2.1.1.2 Aquecimento por efeito magnético - P_m

No caso de um condutor com núcleo de aço, tal como os condutores ACSR, o fluxo magnético alternado produzido pelas camadas em espiral do condutor provoca o aquecimento no núcleo do condutor e o aquecimento devido à distribuição das densidades de corrente nas camadas de fios não ferromagnéticos. O aquecimento total por efeito magnético é dado pela soma destas duas componentes [15].

O aquecimento por efeito magnético é apenas relevante para condutores com núcleo de aço com uma ou três camadas de alumínio e densidades de corrente elevadas. No caso de condutores com apenas uma camada de alumínio, o efeito magnético pode aumentar a resistência do condutor em até 20%. No caso de condutores com três camadas de alumínio, esse aumento pode atingir os 5%. A questão do aquecimento magnético para condutores com camadas pares de alumínio não se coloca visto que este efeito se anula [15].

O guia CIGRÉ [15] apresenta uma metodologia para calcular o aquecimento por efeito magnético. No entanto, na maioria dos casos das linhas de transmissão pode-se considerar que o aquecimento por efeito magnético é desprezável [15].

Na presente dissertação são usados três tipos de condutores cujas características podem ser consultadas no ponto 3.1.2. Dois desses condutores, designados por ACSR Zebra e ACSR Zambeze são dotados de três camadas de alumínio. Por opção do autor desta dissertação e face à expressão reduzida que o efeito magnético pode adquirir nestes dois condutores, não foi considerada a sua contribuição para o aumento da temperatura do condutor.

2.1.1.3 Aquecimento por efeito da radiação solar - P_s

O aquecimento devido à radiação solar P_s depende do diâmetro do condutor e (com menos importância) da sua inclinação em relação ao plano horizontal. Depende também da absorvidade solar da superfície do condutor, da intensidade da radiação solar difusa e directa, da altura solar, do ângulo de incidência dos raios solares em relação ao eixo do condutor e da reflectância da superfície do solo sob o condutor [16].

Com as variáveis descritas é possível calcular o aquecimento devido à radiação solar. No entanto, na prática, os medidores de radiação solar directa são dispendiosos. Por outro lado, os medidores de radiação solar difusa requerem manutenção regular, pelo que não é prático usar este equipamento em locais remotos [16].

Os medidores de radiação solar global são, na generalidade, confiáveis e relativamente pouco dispendiosos, pelo que se opta por descrever o aquecimento devido à radiação solar global da seguinte forma [16]:

$$P_s = \alpha_s \cdot S \cdot D \quad (5)$$

onde:

α_s – Absorvidade solar da superfície do condutor;

S – Intensidade de radiação solar global [W/m^2];

D – Diâmetro externo do condutor [m].

O valor de α_s depende da idade do condutor e das condições de poluição a que está sujeito. Poderá variar entre 0,23 para condutores de alumínio novos e 0,95 para condutores envelhecidos, sujeitos a ambiente industrial. É usual considerar-se o valor de 0,5 [16].

O RRT – *Regulamento da rede de transporte* [17] adopta o valor de $S = 1000 \text{ W/m}^2$ durante o dia e $S = 0 \text{ W/m}^2$ durante a noite. No ponto 3.1.1.2 aborda-se em pormenor a temática da radiação solar.

2.1.1.4 Aquecimento por efeito de coroa - *Pi*

O efeito de coroa é uma descarga luminosa devida à ionização do ar na proximidade de um condutor eléctrico à volta do qual existe um gradiente que excede um determinado valor crítico, tal como é definido pela *American Standards Association* [18]

O aquecimento do condutor por efeito de coroa é apenas significativo com gradiente de tensão elevados, que ocorrem em períodos com precipitação e velocidades de vento elevadas, isto é, quando o arrefecimento por efeito convectivo e por efeito evaporativo são elevados [8].

Devido a este facto, e também porque se pretende determinar a capacidade de transporte máxima baseada em condições atmosféricas desfavoráveis, que contribuem para o aquecimento do condutor, então pode-se descartar a necessidade de incluir o cálculo do aquecimento por efeito de coroa.

2.1.1.5 Distribuição da temperatura no condutor

Para densidades de corrente elevadas (maiores que 2 ou 3 A/mm²), as variações radial e axial da temperatura devem ser consideradas quando se pretende avaliar correctamente a temperatura e flecha do condutor [15].

Tabela 2 - Densidades de corrente dos cabos em estudo em função dos limites de corrente estipulados pelo ORT

Designação do condutor	Corrente [A]	Secção [mm ²]	Densidade de corrente [A/mm ²]
ACSR Bear	854	326,12	2,62
ACSR Zebra	1141	484,48	2,36
ACSR Zambeze	1340	594,97	2,25

Para os três condutores estudados neste trabalho e em função dos limites máximos de corrente estipulados pelo operador da rede de transporte nacional para período de inverno, as densidades de corrente são as que se apresentam na Tabela 2.

Distribuição radial de temperatura

A flecha do condutor depende, em grande medida, da temperatura no núcleo, enquanto que a radiação e a convecção são fenómenos que afectam a superfície do condutor. O aquecimento devido à resistência fica a dever-se à temperatura média do condutor. Para qualquer condutor, o calor gerado no núcleo tem de ser transferido para a superfície exterior do condutor, o que provoca numa descida de temperatura radial. Para condutores entrançados com várias camadas, esta descida de temperatura pode ser substancial. No condutor ACSR Zebra, dotado de três camadas de alumínio, cerca de 22% do aquecimento por efeito de Joule e por efeito magnético ocorre na camada mais interior de alumínio, enquanto cerca de 33% ocorre na camada do meio. Este calor é transferido para a camada mais externa de alumínio antes de chegar à atmosfera exterior [15].

O guia CIGRÉ [15] apresenta uma fórmula para a determinação da distribuição radial da temperatura.

Distribuição longitudinal de temperatura

Com densidades de corrente elevadas, a temperatura do condutor pode variar significativamente longitudinalmente devido a variações meteorológicas locais. A temperatura medida num ponto da linha poderá ser, por exemplo, diferente da temperatura média de um troço da linha [15].

No âmbito desta dissertação e visto que os condutores são explorados a níveis de corrente que permitem ter-se densidades de corrente relativamente baixas, considerou-se, para efeitos de cálculo da capacidade de transporte das linhas, a temperatura superficial do condutor.

2.1.2. Arrefecimento do condutor

2.1.2.1 Arrefecimento por efeito convectivo - P_c

A convecção é quase sempre o factor mais importante no arrefecimento de condutores aéreos, mesmo na ausência de vento. Quando o arrefecimento por efeito convectivo é baixo, a temperatura do condutor é elevada, pelo que se torna importante estudar em pormenor as situações em que a velocidade do vento é reduzida ou nula [15].

Consideram-se dois tipos de convecção: convecção natural, que ocorre quando a velocidade do vento é nula; e convecção forçada, que depende da velocidade e direcção do vento. Com velocidades moderadas a altas, o efeito da convecção forçada é dominante e, neste caso, a convecção natural pode ser ignorada. No entanto, a velocidades de vento reduzidas, a convecção natural adquire um efeito significativo podendo ter mais importância que a convecção forçada [15].

A avaliação do comportamento térmico dos condutores a baixas velocidades de vento e densidades de corrente elevadas torna-se bastante difícil devido à variabilidade do vento, que pode ser diferente até num mesmo vão da linha, levando a diferenças de temperatura no condutor significativas [15]. Desta forma, torna-se essencial modelar o vento da forma mais correcta possível.

A transferência de calor de um condutor nu entrançado para o ar adjacente depende do coeficiente de transferência de calor por efeito convectivo h_c [W/(m²·K)]. Para efeitos práticos, o arrefecimento por efeito convectivo pode ser descrito por [15]:

$$Pc = \pi \cdot \lambda_f \cdot (T_s - T_a) \cdot Nu \quad (6)$$

onde:

λ_f - Condutividade térmica do ar [W/(m·K)];

T_s - Temperatura superficial do condutor [°C];

T_a - Temperatura ambiente [°C];

Nu - Número de Nusselt [adimensional].

Para temperaturas do ar adjacente ao condutor até 300 °C, a condutividade térmica do ar pode ser descrita por [15]:

$$\lambda_f = 2,368 \cdot 10^{-2} + 7,23 \cdot 10^{-5} \cdot T_f - 2,763 \cdot 10^{-8} \cdot T_f^2 \quad (7)$$

onde T_f é a temperatura do ar adjacente ao condutor em graus Celsius e é dada pela expressão:

$$T_f = 0,5 \cdot (T_s + T_a) \quad (8)$$

2.1.2.2 Convecção Forçada

Vento perpendicular

Vários autores demonstraram que, para um condutor entrançado cilíndrico, com um fluxo de ar perpendicular, existe uma correlação entre o número de Nusselt Nu e o número de Reynolds Re [15].

O número de Reynolds é dado pela expressão:

$$Re = v \cdot D / \nu_f \quad (9)$$

onde:

v - Velocidade do vento [m/s];

D - Diâmetro do condutor [m];

ν_f - Viscosidade cinemática do ar à temperatura adjacente ao condutor [m²/s].

A viscosidade cinemática do ar depende da altitude do condutor em relação ao nível do mar e pode ser descrita por [15]:

$$v_f = \mu_f / \gamma_a \quad (10)$$

onde:

μ_f – Viscosidade dinâmica do ar à temperatura adjacente ao condutor [kg/(m·s)];

γ_a – Densidade do ar à cota altimétrica do condutor [kg/m³].

Uma expressão de μ_f válida para temperaturas até 300 °C é:

$$\mu_f = (17,239 + 4,635 \cdot 10^{-2} \cdot T_f - 2,03 \cdot 10^{-5} \cdot T_f^2) \cdot 10^{-6} \quad (11)$$

A densidade do ar à cota e temperatura do ar adjacente ao condutor é dada por:

$$\gamma_a = \frac{1,293 - 1,525 \cdot 10^{-4} \cdot y + 6,379 \cdot 10^{-9} \cdot y^2}{1 + 0,00367 \cdot T_f} \quad (12)$$

onde:

y – Cota altimétrica acima do nível do mar [m].

Diversos autores usam a expressão seguinte para definir o número de Nusselt para convecção forçada com um ângulo de incidência de 90 °:

$$Nu_{90} = B_1 \cdot Re^n \quad (13)$$

onde B_1 e n são constantes que dependem da rugosidade do condutor de acordo com a Tabela 3.

A rugosidade do condutor é dada pela expressão [16]:

$$R_f = d / [2(D - d)] \quad (14)$$

Onde d é o diâmetro de cada fio condutor. Note-se que, no caso da expressão 14 os diâmetros são em milímetros.

Tabela 3 - Constantes para cálculo de convecção forçada em condutores de superfície entrançada por fluxo de ar constante [16]

Superfície	Re		B ₁	n
	de	a		
Condutores lisos	10 ²	2,65·10 ³	0,641	0,471
$R_f \leq 0,05$	> 2,65·10 ³	5·10 ⁴	0,178	0,633
$R_f > 0,05$	> 2,65·10 ³	5·10 ⁴	0,048	0,800

Direcção do vento

A direcção do vento tem uma contribuição importante para a eficácia da convecção forçada. O número de Nusselt para condutores entrançados varia em função do seno do ângulo de incidência δ_v [16]:

$$Nu_{\delta_v} = Nu_{90}[A_1 + B_2(\text{Sen } \delta_v)^{m_1}] \quad (15)$$

As constantes A_1 e B_2 são determinadas em função do ângulo de incidência, segundo a Tabela 4 [16].

Tabela 4 - Constantes para cálculo de convecção forçada em função do ângulo de incidência do vento

Ângulo	A_1	B_2	m_1
$0 < \delta_v < 24^\circ$	0,42	0,68	1,08
$24 \leq \delta_v \leq 90^\circ$	0,42	0,58	0,90

Quando o vento é paralelo ao eixo do condutor o número de Nusselt, isto é, quando $\delta_v = 0^\circ$, o número de Nusselt tem o valor de $0,42 \cdot Nu_{90}$, o que fica a dever-se à turbulência que se verifica devido ao entrançamento do condutor [16].

Turbulência

A turbulência provoca um efeito considerável no arrefecimento do condutor, especialmente com ventos elevados. No entanto, é difícil avaliar a importância da turbulência numa linha eléctrica de transporte de energia devido à sua variabilidade no tempo e no espaço [15].

Visto que o foco do estudo é em velocidades reduzidas de vento, o estudo dos efeitos da turbulência para ventos moderados a elevados não faria sentido, até porque se obteriam eventualmente condições meteorológicas mais favoráveis em alguns locais da linha e noutros não. Esse aspecto, associado ao aumento de risco de se ultrapassar a temperatura máxima de projecto que a inclusão do efeito da turbulência eventualmente teria como consequência, levou a que não se considerasse o efeito da turbulência na metodologia proposta.

2.1.2.3 Convecção Natural

À medida que a velocidade do vento se aproxima de zero, a convecção natural torna-se mais predominante do que a convecção forçada. Vários autores indicam que o número de Nusselt para convecção natural depende do produto dos números adimensionais de Grashof e Prandtl [15].

$$Nu_{cn} = A_2(Gr \cdot Prt)^{m_2} \quad (16)$$

onde:

Gr – Número de Grashof [adimensional];

Prt – Número de Prandtl [adimensional];

A_2, m_2 – Constantes determinadas com recurso à Tabela 5;

Tabela 5 - Constantes para cálculo de convecção natural em condutores aéreos

$Gr \cdot Prt$		A_2	m_2
de	a		
10^{-1}	10^2	1,02	0,148
10^2	10^4	0,850	0,188
10^4	10^6	0,480	0,250
10^7	10^{12}	0,125	0,333

O número de Grashof e Prandtl são dados pelas expressões [16]:

$$Gr = D^3 \cdot (T_s - T_a) \cdot g / [(T_f + 273) \cdot v_f^2] \quad (17)$$

$$Prt = c \cdot \mu_f / \lambda_f \quad (18)$$

onde:

g – Aceleração da gravidade = $9,807 \text{ m/s}^2$;

c - Capacidade térmica específica do ar à pressão constante [J/(kg·K)].

A expressão empírica que permite determinar o número de Prandtl é [16]:

$$Prt = 0,715 - 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot (T_f) \quad (19)$$

Em [15] os autores afirmam que a inclinação do condutor em relação ao plano horizontal reduz o arrefecimento por efeito convectivo e é proposta uma fórmula para determinar essa redução. A medição da inclinação do condutor é, no entanto, de difícil execução em termos práticos, pelo que, para efeitos de cálculo, nesta metodologia não se considera esta redução.

2.1.2.4 Arrefecimento a velocidades de vento reduzidas

A velocidades de vento reduzidas os fenómenos físicos que se estabelecem em virtude das transferências de calor são difíceis de modelizar devido aos efeitos de flutuação que acontecem no ar envolvente do condutor. Alguns modelos têm sido propostos para considerar estes efeitos, procurando realizar uma transição suave entre a convecção forçada e a convecção natural. No entanto, a aplicação destes modelos

em situações reais tem sido difícil devido à grande variação da velocidade e direcção do vento, quer no espaço, quer no tempo [15].

À medida que a velocidade do vento se aproxima de zero, a convecção natural torna-se dominante. As condições de projecto estabelecem normalmente uma velocidade de vento na ordem de 0,5 m/s, sendo essa a região onde ocorre a transição da convecção natural para convecção forçada. É normalmente recomendado que se utilize o valor mais alto das duas, embora existam diferentes propostas para modelizar o comportamento do vento a estas velocidades [15].

Em Portugal, o RRT adopta uma velocidade de 0,6 m/s para a velocidade do vento.

Dougllass et al. [16] afirmam que quando a velocidade do vento é inferior a 0,5 m/s, a direcção do vento tem pouca influência e que o número de Nusselt tem pouca probabilidade de ser inferior a 55% do que seria para um ângulo de incidência $\delta_v = 90^\circ$. Determina-se assim o número de Nusselt corrigido:

$$Nu_{vr} = 0,55 \cdot Nu_{90} \quad (20)$$

Estes autores afirmam que o cálculo da convecção para velocidades de vento baixas ($v < 0,5 \text{ m/s}$) pode ser feito por determinação do maior valor de arrefecimento convectivo que resulte da aplicação das três hipóteses seguintes:

- i) Dado que a direcção do vento, neste caso, não é importante, assume-se um ângulo $\delta_v = 45^\circ$ para o cálculo da convecção forçada de acordo com as equações 15 e 6;
- ii) A segunda hipótese consiste em usar as equações 20 e 6;
- iii) A terceira hipótese consiste em usar as equações 16 e 6.

No entanto, para ângulos de incidência inferiores a 45° e à medida que a velocidade do vento cai abaixo de 0,5 m/s, o número de Nusselt aumenta subitamente e a temperatura prevista do condutor cai, de forma que, aparentemente, uma velocidade de vento inferior arrefeceria de forma mais eficaz o condutor, o que é altamente improvável [15].

Visto que esta dissertação trata da previsão da capacidade de transporte, é relevante olhar para esta problemática sob esta perspectiva. Assim, e estabelecendo uma analogia com o explicado acima, ao usar-se este modelo para prever a capacidade de transporte de uma linha, num cenário de ventos reduzidos e ângulo de incidência inferior a 45° , surge na zona de transição entre convecção forçada e convecção natural uma descontinuidade tal que a capacidade de transporte a velocidades de vento mais reduzidas aparenta ser maior do que a velocidades de vento mais elevadas, o que é, por sua vez, também improvável.

Entre outras propostas para remover esta descontinuidade, realça-se a de Bertinat [15] e que consiste em:

- Assumir, para velocidades de vento acima de 0,5 m/s, uma convecção forçada para um ângulo de incidência específico, de acordo com a equação 15;
- Para velocidades abaixo de 0,5 m/s deixar que o número de Nusselt diminua linearmente até à velocidade de 0 m/s, de acordo com a equação 21.

$$Nu_{lin} = Nu_{cn} + \left(\frac{V}{0,5}\right) \cdot (Nu_{\delta v} - Nu_{cn}) \quad (21)$$

A Figura 5 representa os resultados do modelo proposto por Douglass et al. para velocidades de vento abaixo de 1 m/s e três ângulos de incidência (δ_v) distintos.

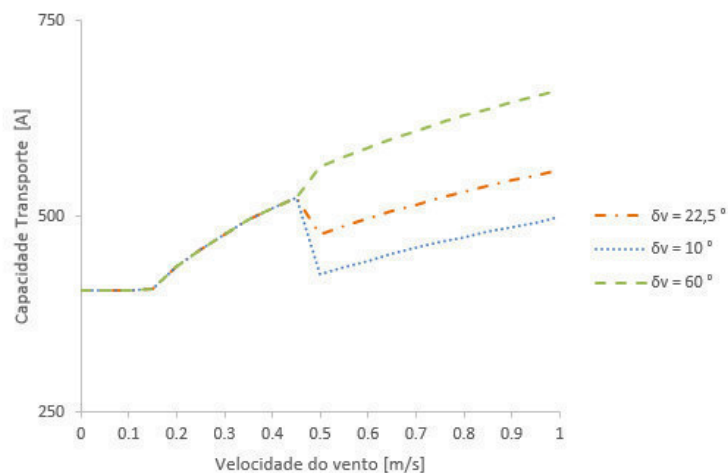


Figura 5 - Descontinuidade do modelo proposto por Douglass et al. a velocidades de vento reduzidas

É essencial assinalar que ambas as soluções têm a sua aplicação comprometida para velocidades de vento extremamente baixas, perto de zero. Com efeito, nesta gama de velocidades, pode suceder que o número de Reynolds seja tão baixo que qualquer uma das soluções deixa de ser aplicável. Veja-se o seguinte exemplo:

- Linha a 150 kV, a 100 m de altitude em relação ao nível do mar
- Cabo condutor ACSR Bear
- Temperatura ambiente: 15 °C
- Temperatura de projecto: 50 °C
- Velocidade do vento: 0,05 m/s
- Ângulo de incidência: 60 °
- Radiação solar: 800 W/m²

Qualquer uma das metodologias descritas para ventos reduzidos devolve, com estas condições, um número de Reynolds, $Re \approx 71$. Consultando a Tabela 3, verifica-se que não é possível determinar as constantes B_1 e n , essenciais para calcular correctamente o número de Nusselt que, por sua vez, é fulcral para determinar o arrefecimento por efeito convectivo.

No âmbito desta dissertação, considerou-se que a linearização proposta por Bertinat permite calcular de forma mais adequada a capacidade de transporte com ventos reduzidos entre 0,1 a 0,5 m/s, pelo que foi o método escolhido para efectuar esses cálculos.

Em todos os casos, é normalmente recomendado que o valor mais alto de convecção natural ou convecção forçada seja escolhido, sendo esta uma abordagem conservadora [15].

Optou-se, nesta dissertação, por escolher o valor mais alto de convecção, entre a calculada pela linearização e a convecção natural. A Figura 6 representa a aplicação deste método. Verifica-se que a capacidade de transporte que se obtém, para ventos baixos decresce de forma linear com a diminuição da velocidade do vento, como seria de esperar.

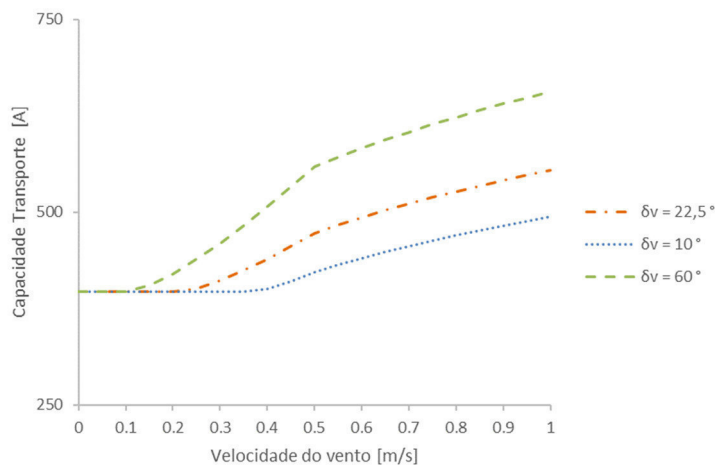


Figura 6 – Adaptação da Linearização proposta por Bertinat para ventos reduzidos

2.1.2.5 Arrefecimento por efeito radiativo - Pr

Uma vez que as perdas por radiação representam, em geral, uma pequena fracção do total de perdas térmicas que contribuem para o arrefecimento do condutor, é suficiente determinar o seu valor pela expressão [8]:

$$Pr = \pi \cdot D \cdot \varepsilon \cdot \sigma_B \cdot [(T_s + 273,15)^4 - (T_a + 273,15)^4] \quad (22)$$

onde:

σ_B - constante de Stefan-Boltzmann [$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$];

ε - Emissividade do condutor.

A emissividade de um condutor energizado pode aumentar rapidamente de 0,2 - 0,3, quando novo a 0,8 – 0,9 após dois anos de operação em alta tensão e num ambiente industrial ou num ambiente marcadamente agrícola. A emissividade real pode ser medida em amostras do próprio condutor, mas para condutores em operação, já sujeitos aos factores ambientais adopta-se, usualmente, um valor entre 0,8 e 0,9 [15].

Diferente literatura defende que o valor da emissividade varia entre 0,23 para condutores novos e 0,95 para condutores sujeitos a ambiente industrial, sugerindo a utilização do valor de 0,5 para a emissividade [16].

No caso português, é adoptado o valor de 0,6 para a emissividade do condutor [17].

2.1.2.6 Arrefecimento por efeito evaporativo - P_w

O arrefecimento devido ao efeito evaporativo não é significativamente alterado com o vapor de água presente no ar ou com a presença de gotas de água entranhadas à volta do condutor. Porém, pode ser significativamente alterado assim que o condutor se encontre molhado [8]. O arrefecimento devido ao efeito evaporativo é geralmente ignorado e não é objeto de estudo desta dissertação, nem foi considerado na metodologia proposta.

2.1.3. Equação de equilíbrio térmico simplificada

Face ao exposto nos pontos anteriores, a equação (1) pode ser simplificada:

$$P_j + P_s = P_c + P_r \quad (23)$$

Pelo que esta será a expressão usada para efectuar cálculos segundo o modelo CIGRÉ no âmbito desta dissertação.

2.2. Modelo de Kuipers e Brown

O modelo baseado na equação de equilíbrio térmico tem sido ajustado gradualmente com vista a melhor representar o comportamento térmico dos condutores, nomeadamente no que diz respeito à convecção e radiação solar [2]. Um destes modelos é o de Kuipers e Brown e define-se por [19]:

$$I^2 \cdot R_{ca} + \alpha_s \cdot S \cdot D = 8.55 \cdot (T_s - T_a) \cdot (v \cdot D)^{0.448} + \pi \cdot D \cdot \varepsilon \cdot \sigma_B \cdot [(T_s + 273,15)^4 - (T_a + 273,15)^4] \quad (24)$$

Neste modelo a parcela correspondente ao arrefecimento por efeito de convecção é redefinida pela expressão:

$$P_c = 8.55 \cdot (T_s - T_a) \cdot (v \cdot D)^{0.448} \quad (25)$$

Este modelo é usado por diversos operadores de rede no projecto, exploração e planeamento de linhas eléctricas aéreas, com ajustes nos parâmetros por parte de cada operador em função das características meteorológicas de cada região e dos regulamentos específicos de cada país.

A utilização do modelo de Kuipers & Brown contempla, habitualmente, a utilização de parâmetros fixos, adaptados à realidade de cada país.

Neste modelo, a velocidade de vento assume normalmente valores entre 0,6 e 1 m/s, sendo no caso português adoptado o valor de 0,6 m/s, tal como citado anteriormente. A radiação solar adoptada em Portugal é de 1000 W/m². Para a temperatura ambiente é usual adoptarem-se valores de referência em função da estação do ano. A Tabela 8 apresenta os valores de temperatura usados habitualmente no caso português.

2.3. Comparação entre os modelos de Kuipers & Brown e CIGRÉ

Com o objectivo de analisar as diferenças entre o modelo de Kuipers & Brown e o modelo CIGRÉ, é inevitável proceder à realização de uma comparação dos resultados de cada um dos modelos.

2.3.1. Considerações para a comparação entre modelos

A avaliação dos resultados de cada modelo passa necessariamente por uma análise aos resultados de cada modelo em função das variáveis de entrada meteorológicas, nomeadamente temperatura ambiente, velocidade do vento e radiação solar para o modelo de Kuipers e Brown e temperatura ambiente, velocidade e direcção do vento, radiação solar e altitude em relação ao nível do mar para o modelo CIGRÉ.

Por conseguinte, o procedimento para a comparação consistiu em fazer variar um dos parâmetros de entrada, manter os demais em valores fixos e calcular subsequentemente a corrente máxima admissível no condutor para uma temperatura máxima de 50 °C, de acordo com a metodologia preconizada para cada modelo, originando assim três cenários distintos.

É de notar que o ângulo de incidência do vento é da maior importância para determinar o arrefecimento por convecção forçada, quando se aplica o modelo CIGRÉ. Com vista a analisar a contribuição deste parâmetro para o arrefecimento por convecção quando se utiliza este método, consideraram-se três

direcções de vento diferentes para os cenários descritos, perfazendo um total de nove cenários. A Tabela 6 apresenta um resumo dos parâmetros usados em cada cenário.

Tabela 6 - Variáveis de entrada para comparação entre os modelos Kuipers & Brown e CIGRÉ

Cenário	Temp. Ambiente [°C]	Veloc. Vento [m/s]	δ_v [°]	Radiação Solar [W/m ²]
1	[0;35]	0,6	15	1000
2	[0;35]	0,6	45	1000
3	[0;35]	0,6	90	1000
4	15	[0;1]	15	1000
5	15	[0;1]	45	1000
6	15	[0;1]	90	1000
7	15	0,6	15	[0;1000]
8	15	0,6	45	[0;1000]
9	15	0,6	90	[0;1000]

No ponto 2.1.2.1 são abordados os temas da velocidade do vento e respectivo ângulo de incidência, enquanto componentes que contribuem para o arrefecimento de um condutor.

As características do cabo, considerado para ambos os modelos, apresentam-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Características do cabo usado para comparação entre os modelos Kuipers & Brown e CIGRÉ

Designação comercial	ACSR 325 'BEAR'
Constituição	Núcleo de aço e revestimento de alumínio
Diâmetro externo do cabo [mm]	23,45
Área de secção total [mm ²]	326,12
Resistência CC a 20 °C [Ω /m]	$1,093 \cdot 10^{-4}$
Absortividade	0,5
Emissividade	0,6
Coefficiente de efeito pelicular	1,003

É de realçar a necessidade de especificar o diâmetro de cada fio do cabo condutor para o modelo CIGRÉ, com vista a determinar a sua rugosidade, em conformidade com o exposto no ponto 2.1.2.2:

Diâmetro externo de cada fio [mm]: 3,35

Para o modelo CIGRÉ considerou-se uma altura acima do nível do mar de 100 m. Com todas as variáveis definidas, é possível proceder à comparação entre os dois modelos.

2.3.2. Resultados e análise da comparação entre modelos

Da Figura 7 à Figura 9 evidencia-se a diferença entre os resultados do cálculo executado por ambos os modelos.

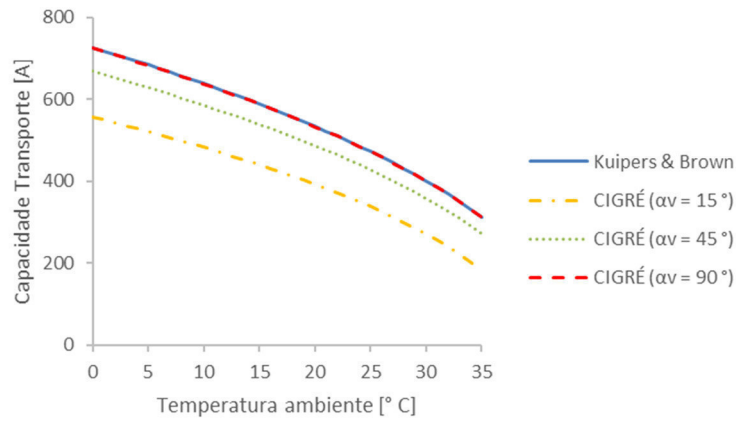


Figura 7 - Comparação entre modelos - Cenários 1,2 e 3 – Resultado de cálculo

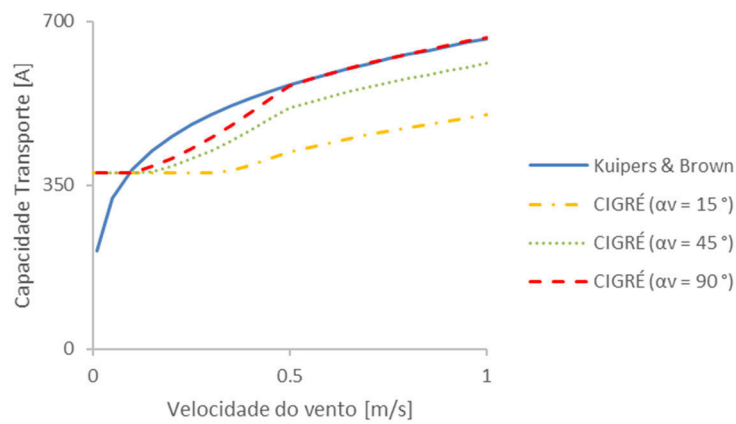


Figura 8 - Comparação entre modelos - Cenários 4,5 e 6 – Resultado de cálculo

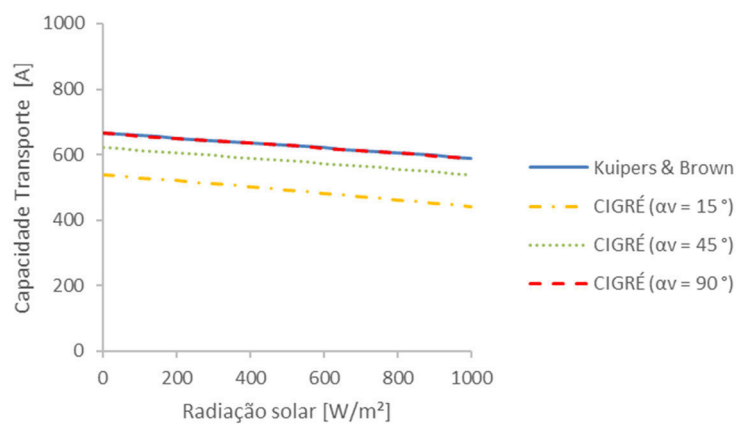


Figura 9 - Comparação entre modelos - Cenários 7,8 e 9 – Resultado de cálculo

Os resultados obtidos demonstram que os modelos comparados têm resultados similares nos resultados em função da temperatura ambiente e radiação solar. Verifica-se que os resultados evoluem de forma análoga nos dois casos, se a velocidade do vento considerada for a mesma.

Da análise à variação da direcção do vento infere-se que, mantendo-se constantes os demais parâmetros, existe uma proporcionalidade directa entre a corrente máxima admissível no condutor e o ângulo de incidência do vento. Os resultados permitem também constatar que, para velocidades de vento entre 0,5 e 1 m/s e com um ângulo de incidência do vento de 90 °, os dois modelos comportam-se de forma praticamente igual.

A análise da Figura 8 leva a concluir que a diferença entre os dois modelos é notória para velocidades de vento reduzidas, nomeadamente abaixo de 0,5 m/s, o que reflecte a diferença na forma como cada um dos modelos descreve o arrefecimento por efeito convectivo.

Note-se, no entanto, que o modelo de Kuipers & Brown não é normalmente usado com velocidades variáveis de vento, ao passo que estudos posteriores desenvolvidos para modelizar o arrefecimento por convecção a velocidades reduzidas apresentam formulação específica para lidar com esta questão. Desta forma, e face à disparidade dos resultados obtidos, levantam-se algumas dúvidas quanto à validade da aplicação do modelo de Kuipers & Brown para ventos reduzidos, pelo que a metodologia que se propõe nesta dissertação baseia-se nos estudos mais recentes nesta matéria, nomeadamente aqueles desenvolvidos por grupos de trabalho CIGRÉ.

2.4. Exemplos de cálculo

Com vista a quantificar as diferenças de cálculo entre os modelos de Kuipers & Brown e CIGRÉ, efectuaram-se dois exemplos de cálculo de capacidade de transporte, que diferem entre si na velocidade e ângulo de incidência do vento e na temperatura ambiente. É de realçar que os exemplos dados são válidos para o regime estacionário.

Para efeitos de validação, usou-se o cabo Bear, com as seguintes características:

Designação comercial	ACSR 'Bear'
Constituição	Núcleo de aço e revestimento de alumínio
Diâmetro externo do cabo [mm]	23,45
Diâmetro externo de cada fio [mm]	3,35
Área de secção total [mm ²]	326,12
Resistência CC a 20 °C [Ω /m]	$1,093 \cdot 10^{-4}$
Absortividade	0,5
Emissividade	0,6
Coefficiente de efeito pelicular	1,003

Exemplo 1

Radiação solar global: 1000 W/m²
Velocidade do vento: 0,6 m/s

Ângulo de incidência do vento:	22,5 °
Temperatura ambiente:	15 °C
Temperatura máxima de projecto:	85 °C
Altitude acima do nível do mar:	200 m

Para calcular a corrente máxima permitida no condutor nestas circunstâncias usando o modelo Kuipers & Brown:

$$R_{ca} = 1,383 \cdot 10^{-4} \Omega/m$$

Da equação (24):

$$I^2 \cdot R_{ca} + \alpha_s \cdot S \cdot D =$$

$$8,55 \cdot (T_s - T_a) \cdot (v \cdot D)^{0,448} + \pi \cdot D \cdot \varepsilon \cdot \sigma_B \cdot [(T_s + 273,15)^4 - (T_a + 273,15)^4]$$

$$I^2 \cdot 1,383 \cdot 10^{-4} + 0,5 \cdot 1000 \cdot 0,02345 =$$

$$8,55 \cdot (85 - 15) \cdot (0,6 \cdot 0,02345)^{0,448} + \pi \cdot 0,02345 \cdot 0,6 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot [(85 + 273,15)^4 - (15 + 273,15)^4]$$

$$I^2 \cdot 1,383 \cdot 10^{-4} + 11,725 = 88,614 + 23,959$$

$$I = 853,9 A$$

Para calcular a corrente máxima permitida no condutor nestas circunstâncias usando o modelo CIGRÉ:

$$R_{ca} = 1,383 \cdot 10^{-4} \Omega/m$$

$$R_f = 8,33 \cdot 10^{-2}$$

$$T_f = 50 \text{ °C}$$

$$V_f = 1,807 \cdot 10^{-5} m^2/s$$

$$\lambda_f = 0,0274 W/(m \cdot K)$$

$$Re = 778,81$$

$$B_1 = 0,641, \quad n = 0,471$$

$$Nu_{90} = 14,75$$

$$A_1 = 0,42, \quad B_2 = 0,68, \quad m_1 = 1,08$$

$$Nu_{22,5} = 9,75$$

$$v > 0,5 m/s \Rightarrow Nu = Nu_{22,5} = 9,75$$

$$P_j = I^2 \cdot 1,383 \cdot 10^{-4} W/m$$

$$P_s = 11,725 W/m$$

$$P_c = 58,659 \text{ W/m}$$

$$P_r = 23,959 \text{ W/m}$$

$$P_m = 0 \text{ W/m (de acordo com as premissas do ponto 1)}$$

$$P_i = 0 \text{ W/m (de acordo com as premissas do ponto 2.1.1.4)}$$

$$P_w = 0 \text{ W/m (de acordo com as premissas do ponto 2.1.2.6)}$$

Da equação (1):

$$P_j + P_m + P_s + P_i = P_c + P_r + P_w$$

$$I = 715,96 \text{ A}$$

Se o ângulo de incidência fosse igual a 90° , ter-se-ia:

$$I = 854,35 \text{ A}$$

Exemplo 2

Radiação solar global:	1000 W/m ²
Velocidade do vento:	0,3 m/s
Ângulo de incidência do vento:	10°
Temperatura ambiente:	30 °C
Temperatura máxima de projecto:	85 °C
Altitude acima do nível do mar:	200 m

Para calcular a corrente máxima permitida no condutor nestas circunstâncias usando o modelo Kuipers & Brown:

$$R_{ca} = 1,383 \cdot 10^{-4} \text{ } \Omega/\text{m}$$

Da equação (24):

$$I^2 \cdot 1,383 \cdot 10^{-4} + 11,725 = 51,039 + 20,07$$

$$I = 655,27 \text{ A}$$

Note-se que este modelo costuma usar uma velocidade fixa de 0,6 m/s. Nesse caso a corrente seria:

$$I = 750,23 \text{ A}$$

Para calcular a corrente máxima permitida no condutor nas circunstâncias apresentadas anteriormente, usando o modelo CIGRÉ:

$$R_{ca} = 1,383 \cdot 10^{-4} \text{ } \Omega/\text{m}$$

$$R_f = 8,33 \cdot 10^{-2}$$

$$T_f = 57,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$V_f = 1,880 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\lambda_f = 0,0279 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

$$Re = 374,20$$

$$B_1 = 0,641, \quad n = 0,471$$

$$Nu_{90} = 10,442$$

$$Prt = 0,701$$

$$Gr = 59516,24$$

$$A_2 = 0,48, \quad m_2 = 0,25$$

$$Nu_{cn} = 6,859$$

$$A_1 = 0,42, \quad B_2 = 0,68, \quad m_1 = 1,08$$

$$Nu_{10} = 5,458$$

$$v < 0,5 \text{ m/s} \Rightarrow \text{aplicar linearização} \Rightarrow Nu = 6,018$$

$$\text{Como } Nu_{cn} > Nu, \text{ então } Nu = Nu_{cn} = 6,859$$

$$P_j = I^2 \cdot 1,383 \cdot 10^{-4} \text{ W}/\text{m}$$

$$P_s = 11,725 \text{ W}/\text{m}$$

$$P_c = 33,100 \text{ W}/\text{m}$$

$$P_r = 20,07 \text{ W}/\text{m}$$

$$P_m = 0 \text{ W}/\text{m} \text{ (de acordo com as premissas do ponto 1)}$$

$$P_i = 0 \text{ W}/\text{m} \text{ (de acordo com as premissas do ponto 2.1.1.4)}$$

$$P_w = 0 \text{ W}/\text{m} \text{ (de acordo com as premissas do ponto 2.1.2.6)}$$

Da equação (1):

$$P_j + P_m + P_s + P_i = P_c + P_r + P_w$$

$$I = 547,43 \text{ A}$$

Se o ângulo de incidência fosse igual a 90° , ter-se-ia:

$$I = 612,02 \text{ A}$$

3. Metodologia

A metodologia que se propõe nesta dissertação faz uso do modelo Kuipers & Brown e do modelo CIGRÉ e pressupõe o uso de previsões meteorológicas que futuramente poderão ser obtidas com recurso a um modelo Mesoescala, descrito em síntese no capítulo 1.5. As características próprias das linhas eléctricas, nomeadamente as características dos cabos condutores são baseadas em tabelas com valores adoptados usualmente pelo operador da rede de transporte portuguesa - Tabela 13.

3.1. Variáveis de entrada

3.1.1. Parâmetros meteorológicos

Para a metodologia que se propõe nesta dissertação é necessário o conhecimento das seguintes variáveis meteorológicas: Temperatura ambiente, velocidade e direcção do vento e radiação solar. Os dados de temperatura ambiente e radiação solar que serviram de base ao cálculo da capacidade de transporte estimada, às previsões com base em valores reais e às comparações com o *rating* em tempo real do operador foram registados nas subestações da REN de Castelo Branco e Penela durante o ano de 2015. Das duas séries de dados escolheu-se o valor mais alto, quer de temperatura quer de radiação solar.

Os dados relativos à velocidade e direcção do vento resultaram de previsões diárias para o parque eólico de Perdígão, situado a sudoeste de Castelo Branco e a cerca de 20 km do apoio número 10 da linha Fratel-Falagueira.

Todos os indicadores meteorológicos são referentes ao ano completo de 2015, em intervalos de 15 minutos, perfazendo um total de 35040 registos, ou seja, 8760 horas.

A recolha do histórico de todos os indicadores meteorológicos que abrangessem a zonas geográficas das três linhas em estudo indicadas no ponto 3.3 e na totalidade das suas extensões não foi possível à data de entrega da presente dissertação.

Visto que o objetivo da presente dissertação é a apresentação de uma nova metodologia, considerou-se que as três linhas estudadas estariam sob as mesmas condições meteorológicas durante o mesmo intervalo de tempo e em toda a sua extensão.

A excepção é feita à temperatura ambiente de referência, que é usada normalmente no *rating* de referência do operador. Neste caso, as temperaturas são aquelas que se indicam no ponto 3.1.1.1.

É relevante notar que as linhas de transporte de energia podem atingir centenas de quilómetros de extensão e que, por esse facto, podem estar sujeitas a diferentes condições meteorológicas ao longo do seu traçado. Acontece frequentemente uma linha percorrer zonas geográficas com orografia distinta: uma linha de transporte de energia que passe, em diferentes troços, por planícies e por vales, estará sujeita, num dado momento, a diferentes velocidades de vento nessas zonas, pelo que o arrefecimento por convecção é necessariamente diferente para esses troços e, conseqüentemente, também a capacidade de transporte da linha em função da temperatura máxima de projecto. Por outro lado, também a radiação solar e temperatura ambiente dificilmente serão as mesmas ao longo de uma linha com vários quilómetros.

Considerando que o objectivo da presente dissertação se prende com a procura e apresentação de uma metodologia que permita elevar a capacidade de transporte de energia em condições de segurança, realizaram-se vários estudos usando diferentes combinações de condições meteorológicas. Para isso criou-se um sistema de classes para as três grandezas meteorológicas com vista a facilitar o entendimento e leitura dos resultados.

3.1.1.1 Temperatura

A temperatura ambiente foi dividida em quatro classes. À classe T1 corresponde uma temperatura de referência fixa para as 24 horas do dia, variável em função da estação do ano. A classe T2 refere-se à mesma temperatura de referência, porém com a diferença de que, entre as 0:00 h e a hora de alvorada, a temperatura ambiente desce 5 °C em relação à temperatura de referência. As horas de alvorada consideradas apresentam-se na Tabela 10.

A classe T3 corresponde à temperatura efectivamente registrada nas subestações referidas anteriormente, isto é, a temperatura real e a classe T4 corresponde à temperatura prevista.

Os valores da temperatura T4 foram gerados em torno dos valores reais, isto é, dos valores da classe T3, com uma aleatoriedade de ± 3 °C. Desta forma pretendeu-se emular o desempenho do modelo de previsão Mesoescala e assegurar uma coerência expectável com os valores horários registrados efectivamente no local.

O regulamento da rede de transporte [17] define para o território português as temperaturas de referência:

- Meses de Verão — de 30°C a 35°C;
- Meses de Inverno — 15°C;
- Restantes meses do ano — de 20°C a 25°C.

A Tabela 8 resume as temperaturas de referência e estações do ano consideradas.

Tabela 8 - Temperatura de referência

Mês	Temp. Referência [°C]	Estação do ano	Mês	Temp. Referência [°C]	Estação do ano
Janeiro	15	Inverno	Julho	a)	Verão
Fevereiro	15	Inverno	Agosto	a)	Verão
Março	20	Primavera	Setembro	a)	Verão
Abril	20	Primavera	Outubro	25	Outono
Maio	25	Primavera	Novembro	20	Outono
Junho	a)	Verão	Dezembro	15	Inverno

A localização geográfica das linhas no território português não é indiferente, uma vez que as temperaturas de referência a considerar são diferentes consoante a região. Para efeitos de cálculo da capacidade de transporte, interessa a temperatura ambiente máxima, dado ser este o factor limitativo da exploração das linhas. O RRT define as temperaturas máximas de referência para a época sazonal de Verão a utilizar nas linhas e instalações da RNT. A Figura 10 apresenta as isotérmicas que definem as referidas temperaturas.

Assim, as temperaturas de Verão a) indicadas na Tabela 8 dependem da localização geográfica das linhas. Estas temperaturas podem ser consultadas na Tabela 15.

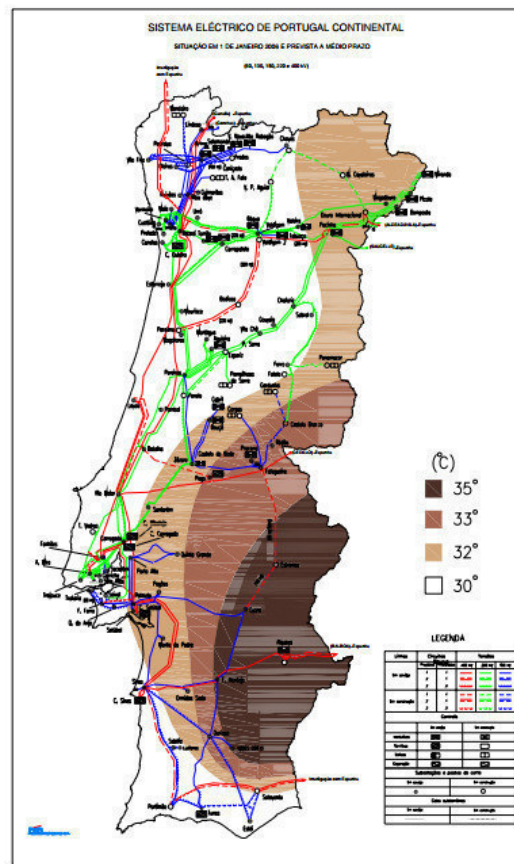


Figura 10 - Temperaturas máximas a usar nas linhas e instalações da RNT. (Fonte: [20])

A Tabela 9 apresenta sinteticamente as características de cada classe de temperatura.

Tabela 9 - Classes de temperatura

Classe	Temperatura
T1	T.Ref.
T2	T.Ref. (Noites: -5°C)
T3	Real
T4	Previsão

3.1.1.2 Radiação solar

A radiação solar é uma radiação electromagnética originada pelo sol. Quando essa radiação atinge a atmosfera, parte dela vai directamente para a superfície da terra (radiação directa) e outra parte é difundida através da própria atmosfera e das nuvens (radiação difusa). Existe ainda a radiação reflectida pela superfície da terra (radiação reflectida) [21].

A radiação solar foi dividida em cinco classes distintas. A primeira classe R1 consiste numa radiação solar de 1000 W/m², independentemente da hora do dia e da estação do ano. A classe R2 tem em conta o período nocturno, em que a radiação solar é nula. A duração do dia não é igual ao longo do ano, pelo que as horas de alvorada e ocaso são definidas nesta classe conforme se indica na Tabela 10.

Tabela 10 - Horas de alvorada e ocaso em função do mês

Mês	Alvorada	Ocaso
Janeiro	07:30	18:00
Fevereiro	07:00	18:30
Março	06:30	20:00
Abril	06:30	20:30
Maio	06:00	21:00
Junho	06:00	21:30

Mês	Alvorada	Ocaso
Julho	06:00	21:30
Agosto	06:30	21:00
Setembro	07:00	20:30
Outubro	07:00	19:30
Novembro	07:00	18:00
Dezembro	07:30	17:30

Para a classe de radiação R3 implementou-se um algoritmo que permite determinar a radiação solar, em função da posição geográfica, da altitude relativa à cota do nível médio do mar e da hora, dia e mês do ano.

Existem diferentes métodos para cálculo da radiação solar. Enquanto alguns autores determinam a radiação solar global com base na soma das três radiações descritas, outros procedem ao cálculo directo da radiação solar global, sem calcular as várias parcelas que a compõem [21].

Para a classe de radiação solar R3, considera-se que a radiação solar global é dada pela expressão:

$$S = S_{dir} + S_{dif} \quad (26)$$

onde:

S_{dir} – Intensidade de radiação solar directa [W/m²];

S_{dif} – Intensidade de radiação solar difusa [W/m²].

A radiação solar directa é dada pela expressão [21]:

$$S_{dir} = S(0) \cdot e^{\frac{-m \cdot T_L}{0,9 \cdot m + 9,4}} \quad (27)$$

onde:

$S(0)$ – Constante Solar [W/m²];

m – Massa atmosférica equivalente;

T_L – Factor de perturbação atmosférica.

A constante solar $S(0)$ corresponde à intensidade de radiação que atinge o topo da atmosfera. A medida dessa constante só tem sido realizada a partir da terra, com a ajuda de instrumentos imperfeitos. O seu valor evolui ao longo dos anos e actualmente o valor de 1367 ± 6 W/m² é o mais aceite [21].

A massa atmosférica equivalente pode ser calculada com a seguinte expressão [21]:

$$m = \frac{1}{\text{sen } \gamma} (1 - 0,1 \cdot Z) \quad (28)$$

onde:

γ – Altura angular do Sol [°] – Ângulo formado entre a direcção do Sol e o plano horizontal no local de observação;

Z – Altitude do local de observação [km].

A altura angular do Sol pode-se determinar recorrendo à seguinte expressão:

$$\text{sen } \gamma = \text{sen } \varphi \cdot \text{sen } \delta_s + \cos \varphi \cdot \cos \delta_s \cdot \cos w \quad (29)$$

onde:

φ – Latitude do local de observação [°];

δ_s – Declinação do Sol [°];

w – Ângulo horário do Sol [°].

A declinação do Sol, isto é, o ângulo formado entre a direcção do sol e o plano equatorial, é definida pela expressão:

$$\delta_s = 0,4 \cdot \text{sen}(0,986 \cdot J - 80) \quad (30)$$

onde J corresponde ao dia do ano.

Por outro lado, o ângulo horário do Sol w pode-se calcular da seguinte forma:

$$w = 15 \cdot (TSV - 12) \quad (31)$$

$$(TSV = \Delta T + TSM) \quad (32)$$

$$\Delta T = 9,9 \cdot \text{Sen}[2 \cdot (0,986 \cdot J + 100)] - 7,7 \cdot \text{Sen}(0,986 \cdot J - 2) \quad (33)$$

$$TSM = TU \pm \lambda/15 \quad (34)$$

Nas expressões acima, TSV é o tempo solar verdadeiro do local de observação, isto é, o ângulo horário em graus medido sobre o equador, desde o meridiano local até ao meridiano do Sol e TSM é o tempo solar médio, ou seja, o ângulo horário em graus, do centro do sol fictício. A expressão ΔT é chamada de equação do tempo, que traduz a diferença entre o tempo solar verdadeiro TSV e o tempo solar médio TSM . O tempo universal (Hora GMT) é definido pelo símbolo TU [22].

O símbolo λ corresponde à longitude, em graus, do local de observação.

Por outro lado, o factor de perturbação atmosférica, em zonas temperadas, é determinado pela expressão:

$$T_L = 2,6 + 16 \cdot \beta_A \quad (35)$$

onde β_A é o factor de difusão atmosférica e varia de acordo com o aspecto do céu. Quando o céu está totalmente coberto de nuvens, a radiação directa tem valor nulo. Quando se encontra numa situação intermédia, a presença de uma ligeira nebulosidade faz aumentar a difusão e por conseguinte, terá de se escolher um valor de β_A mais elevado [21]. Na presente dissertação considera-se que o céu está limpo, o que corresponde, em termos de corrente máxima admissível, ao pior cenário. O valor de β_A considerado foi de 0,02. A radiação solar difusa pode ser descrita pela expressão:

$$S_{dif} = \frac{S(0)}{25} \cdot \sqrt{\text{Sen } \gamma} \cdot (T_L - 0,5 - \sqrt{\text{Sen } \gamma}) \quad (36)$$

Definidas as expressões com as quais se pode calcular a radiação solar através do algoritmo descrito, torna-se fundamental realizar uma comparação entre os resultados da aplicação deste algoritmo com o histórico conhecido de radiação solar mencionado em 3.1.1 e que constitui a classe de radiação R4. O histograma da Figura 11 apresenta essa comparação.

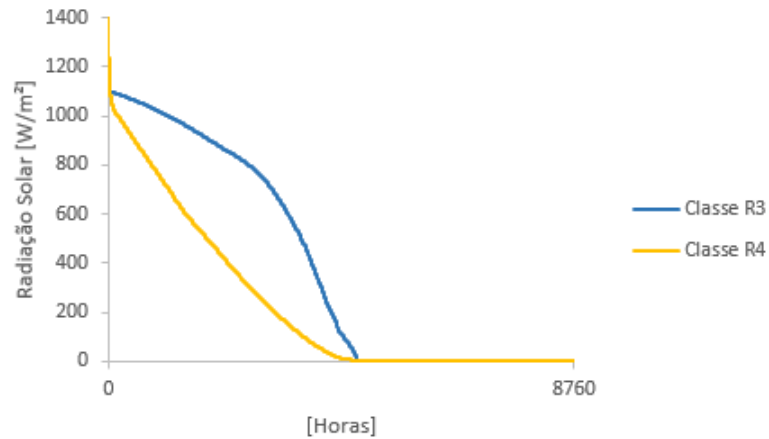


Figura 11 - Comparação entre radiação solar do algoritmo de céu limpo (Classe R3) e das medições locais em 2015 (Classe R4)

A análise da figura leva a constatar que a radiação calculada pelo algoritmo de céu limpo é, na quase totalidade do tempo, igual ou superior à radiação real registada. Isto acontece porque o céu nunca se encontra totalmente limpo, seja por efeito da poluição, especialmente em zonas urbanas e industriais, ou porque a ocorrência de nebulosidade diminui a radiação solar de forma expressiva.

Note-se, no entanto, que existem cerca de 28 horas anuais em que a radiação solar real registada localmente é superior à calculada pelo algoritmo descrito pelo que, nestas horas, a capacidade de transporte real poderá ser inferior àquela calculada com o algoritmo de céu limpo.

Com vista a aferir a relação entre os resultados do cálculo pelo algoritmo de céu limpo e os limites referentes às classes de radiação R1 e R2, isto é, 1000 W/m^2 durante todo o ano e 1000 W/m^2 menos noites, respectivamente, apresenta-se o histograma da Figura 12, resultado da comparação entre as três classes.

A comparação entre as três classes, que representam a radiação prevista (R3) e os limites de referência (classes R1, R2), leva a concluir que a previsão com base no algoritmo de céu limpo apresenta, na maior parte do tempo, valores menores do que os limites de referência, pelo que, considerando os restantes parâmetros iguais, a capacidade de transporte calculada será superior usando o algoritmo de céu limpo.

A título indicativo, refira-se que a radiação calculada com algoritmo de céu limpo é inferior à radiação R1 (1000 W/m^2) em cerca de 87% do tempo e é menor que radiação da classe R2 em cerca de 40% do tempo.

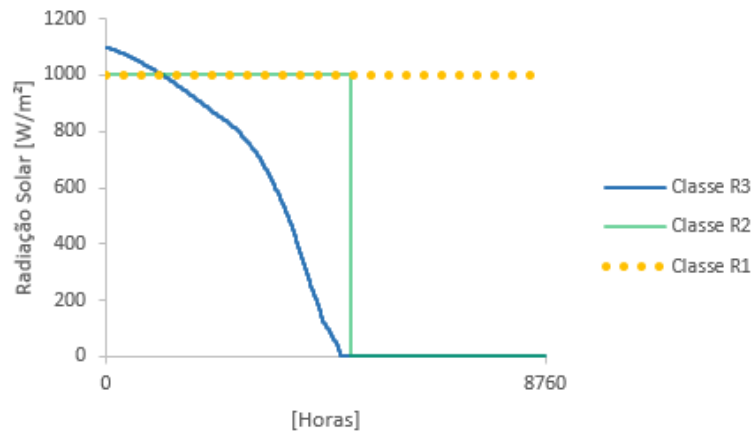


Figura 12 - Comparação entre radiação solar do algoritmo de céu limpo (Classe R3) e as classes R1 e R2

No caso particular da linha 1088 - Fratel – Falagueira a 150 kV, os máximos de radiação solar de cada uma das classes são:

- Classe R1: 1000 W/m^2 ;
- Classe R2: 1000 W/m^2 ;
- Classe R3: 1100 W/m^2 ;
- Classe R4: 1406 W/m^2 .

O aquecimento por efeito da radiação solar poderá apresentar os seguintes valores máximos:

- Classe R1: $11,7 \text{ W/m}$;
- Classe R2: $11,7 \text{ W/m}$;
- Classe R3: $12,9 \text{ W/m}$;
- Classe R4: $16,5 \text{ W/m}$.

O acréscimo de aquecimento que se obtém com o uso de dados reais pode chegar aos 40 % face ao limite de 1000 W/m^2 das classes R1 e R2. No caso da utilização do algoritmo de céu limpo, esse valor pode atingir os 10 %. Tais diferenças fazem levantar a questão da variabilidade da radiação solar máxima em função da zona do país, o que demonstra a importância de aprofundar a investigação nesta área.

A classe R5, que não foi usada para esta comparação, pretende emular a previsão do modelo Mesoescala e foi gerada por aleatoriedade de $\pm 50 \text{ W/m}^2$ em torno dos valores registados localmente, durante o ano de 2015, isto é, da classe R4. A aleatoriedade foi aplicada para valores maiores do que 50 W/m^2 , caso contrário, manteve-se o mesmo valor. A Tabela 11 indica, em resumo, as classes de radiação solar usadas no âmbito desta dissertação.

Tabela 11 - Classes de radiação solar

Classe	Radiação Solar
R1	1000 W/m^2
R2	1000 W/m^2 (Noites: 0 W/m^2)
R3	Algoritmo de céu limpo
R4	Valores reais
R5	Previsão

3.1.1.3 Vento

Enquanto o modelo de Kuipers & Brown descarta em absoluto o ângulo de incidência do vento, no modelo CIGRÉ é uma variável de entrada. O ângulo de incidência do vento é determinado pela diferença entre a direcção do condutor e a direcção do vento, sendo que a direcção do condutor é definida, em cada vão da linha, pelas coordenadas dos apoios que o limitam e pelo Norte geográfico. A Figura 13 ilustra a relação entre a direcção do vento e a direcção da linha.

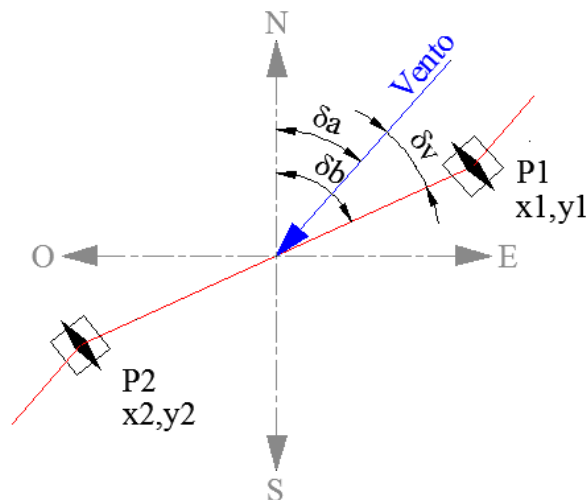


Figura 13 – Direcção do vento - δa , direcção da linha - δb e ângulo de incidência do vento - δv

Relembre-se a necessidade de garantir a minimização do risco de ultrapassar a temperatura de projecto, procedeu-se à comparação de resultados dos dois modelos, para a gama de velocidades de vento entre 1 e 10 m/s.

A Figura 14 apresenta a comparação entre os dois modelos, considerando um ângulo de incidência do vento de 90 ° e uma altitude de 203,6 m. A temperatura ambiente considerada foi de 15° C e a radiação solar considerada foi de 1000 W/m². O cabo considerado foi ACSR Bear e a temperatura de projecto foi de 50° C. Na figura consta também a capacidade de transporte do modelo de Kuipers & Brown com velocidade de vento fixa de 0,6 m/s. Este é o método actualmente usado pelo operador de rede.

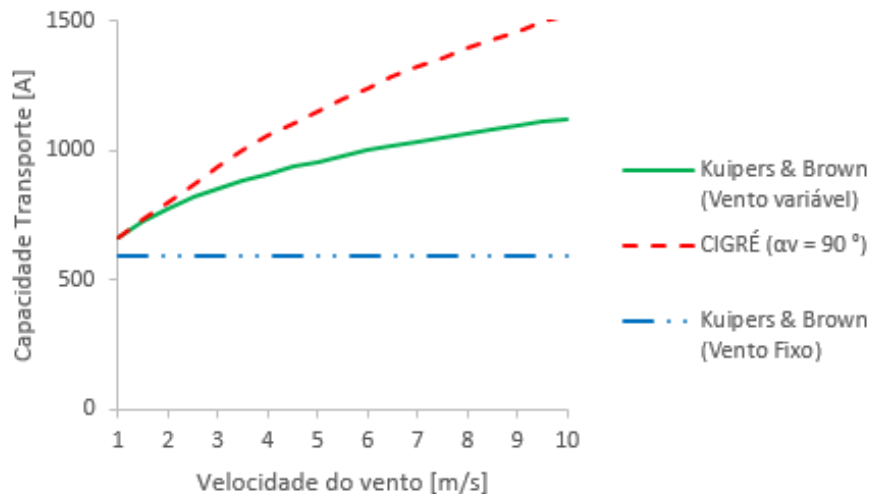


Figura 14 - Comparação de resultados dos modelos para velocidades de vento entre 1 e 10 m/s

A análise da comparação realizada leva a inferir que a capacidade de transporte calculada pelo modelo CIGRÉ pode apresentar valores substancialmente superiores àqueles calculados pelo modelo Kuipers & Brown quando se trata de velocidades de vento superiores a cerca de 1,5 m/s. Conclui-se também que a utilização de qualquer um dos modelos com velocidades de vento elevadas permite capacidades de transporte muito superiores àquela actualmente determinada pelo operador, com base em velocidade de vento fixa.

No modelo de previsão que se propõe nesta dissertação, procura-se mitigar o risco de ultrapassar a temperatura de projecto adoptando inevitavelmente uma abordagem conservadora em relação à velocidade do vento. Este novo modelo caracteriza a temperatura no condutor com recurso ao modelo de Kuipers & Brown quando a convecção é forçada, assumindo uma velocidade de vento fixa de 0,6 m/s, porém, a necessidade de caracterizar com rigor o comportamento do condutor com ventos reduzidos, faz com que, para ventos menores do que 0,6 m/s, se use o modelo CIGRÉ descrito anteriormente.

Adicionalmente, entendeu-se que a previsão de velocidades de vento altas ou extremamente reduzidas poderá não descrever com a precisão desejável o comportamento do vento no dia seguinte devido à variabilidade deste, independentemente do modelo usado.

Assim, criou-se uma classe de vento que limitasse inferiormente e superiormente a velocidade do vento prevista ao intervalo [0,4; 0,6] m/s. O objectivo desta limitação é garantir, por um lado, que o efeito por convecção não cai drasticamente, sendo possível ao operador identificar, no dia seguinte, se terá períodos em que a capacidade da linha poderá estar francamente limitada devido a ventos reduzidos, e por outro, não permitir que se ultrapasse a temperatura de projecto do condutor com ventos demasiados elevados.

Criaram-se cinco classes de vento, V1, V2, V3, V4 e V5. As Classes V1 e V2 referem-se a velocidades de vento fixas de 0,6 m/s e 1 m/s, respectivamente.

Na ausência de dados reais de velocidade de vento na localização das linhas em estudo, criou-se uma classe V3 composta pelos dados previsionais no parque eólico de Perdigão para uma altura de 10m. Visto que os dados originais de previsão são para uma altura de 85 m, a que corresponde à altura da turbina de um dos aerogeradores implantado no parque eólico e uma vez que os cabos condutores das linhas aéreas estão instalados normalmente a alturas mais baixas, com recurso à equação (37), estimou-se a velocidade de vento para uma altura de 10 m.

$$v_{10} = v_{85} \cdot \frac{\ln(10/Z_0)}{\ln(85/Z_0)} \quad (37)$$

onde:

v_{10} – Velocidade do vento a 10 m [m/s];

v_{85} – Velocidade do vento a 85 m [m/s];

Z_0 – Comprimento característico da rugosidade do solo descampado = 0,02 m.

A classe V4 refere-se à previsão de vento, com valores aleatórios em torno de $\pm 0,1$ m/s dos valores da classe V3. A classe V5 equivale à classe V4 balizada entre 0,4 e 0,6 m/s, face ao exposto anteriormente. Futuramente, a previsão de vento deverá provir do modelo Mesoescala. A Tabela 12 apresenta as características de cada classe.

Tabela 12 - Classes de velocidade do vento

Classe	Velocidade do vento
V1	0,6 m/s
V2	1 m/s
V3	Real
V4	Prevista
V5	Prevista ($0,4 \leq v \leq 0,6$ m/s)

3.1.2. Características dos cabos condutores

As características dos cabos usados para o transporte de energia são determinantes para a capacidade de transporte da linha. Em Portugal utiliza-se, em geral, um tipo de cabo por nível de tensão. Assim, as linhas de 150 kV estão habitualmente equipadas com cabo Bear, enquanto as linhas de 220 kV e de 400 kV estão usualmente equipadas com cabos Zebra e Zambeze, respectivamente.

Os condutores ACSR são os mais frequentemente escolhidos para o transporte de energia eléctrica. Os cabos Bear, Zebra e Zambeze analisados neste trabalho são do tipo ACSR.

Os cabos ACSR são cabos de alumínio com alma de aço com condutores cableados concêntricos, compostos de uma ou mais camadas de fios de alumínio e de um núcleo de aço galvanizado de alta resistência [23].

A Figura 15 apresenta a composição dos três cabos usados neste trabalho.

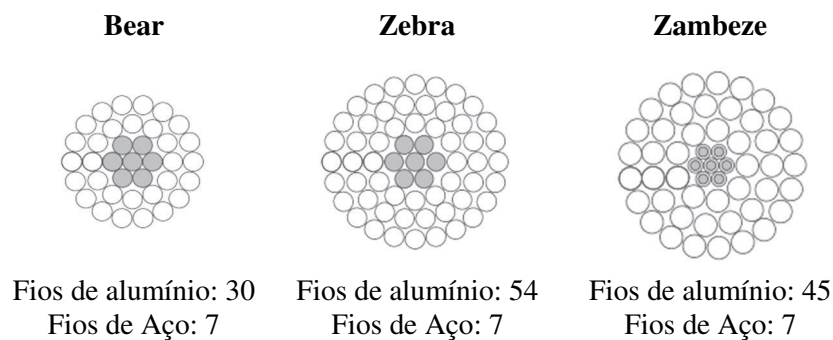


Figura 15 - Composição dos cabos ACSR estudados (Fonte: Solidal - Catálogo de condutores eléctricos)

Em regiões litorais podem ser usados condutores AAC por apresentarem maior resistência a fenómenos de corrosão, ou em aplicações que exijam menor resistência eléctrica e onde a força de suporte do núcleo de aço não seja necessária [8].

Recentemente, a utilização de condutores AAAC tem vindo a aumentar devido a possuírem massa linear reduzida e um elevado rácio entre a força de suporte e a massa por unidade de comprimento, o que permite a sua utilização em troços maiores, com menor arqueamento [8].

Existem ainda outros tipos de cabos com diferentes proporções de liga de alumínio e aço para aplicações específicas. Salientam-se os condutores de alumínio reforçados com liga de alumínio (ACAR) e os condutores de liga de alumínio reforçados com núcleo de aço (AACSR) [8].

Para o modelo em estudo, torna-se necessário conhecer as seguintes características dos cabos:

- i) Diâmetro externo do cabo;
- ii) Diâmetro de cada fio condutor;
- iii) Área de secção transversal do cabo;
- iv) Resistência linear do cabo a 20 °C;
- v) Coeficiente de temperatura da resistência por Kelvin (α);
- vi) Absortividade solar;
- vii) Emissividade.

A Tabela 13 apresenta as características dos três cabos estudados. Os valores são os habitualmente usados pelo operador da rede de transporte portuguesa.

Tabela 13 - Características dos cabos em estudo

Designação do cabo	Bear	Zebra	Zambeze
Diâmetro externo do cabo [mm]	23,45	28,62	31,80
Diâmetro de cada fio condutor [mm]	3,35	3,18	4,14
Secção [mm ²]	326,12	484,48	594,97
Módulo de Young [MPa]	79500	68000	61500
Coeficiente dilatação Térmica [°]	0,0000178	0,0000193	0,0000212
Carga de Rotura [daN]	10938	12849	11967
Resistência em CC 20°C [Ohm/m]	0,0001093	0,0000674	0,0000511
Coeficiente efeito pelicular	1,003	1,011	1,021
Absortividade solar [Adim.]	0,5	0,5	0,5
Emissividade [Adim.]	0,6	0,6	0,6

Fonte: REN - ETCCO01 - Cabos nus para linhas aéreas de MAT [24]

3.2. Equipamento terminal nas subestações

Outro factor que limita a capacidade de transporte de uma linha eléctrica de transporte de energia é o equipamento terminal nas subestações em ambos os extremos da linha. As linhas são usualmente ligadas aos barramentos das subestações por intermédio de um painel de linha, composto, entre outros, por disjuntores, seccionadores e transformadores de intensidade de corrente. Este tipo de equipamentos é projectado para operar a uma intensidade de corrente nominal, que não deve ser ultrapassada, sob pena de danificar o próprio equipamento.

No caso português, o operador adopta, em projecto, habitualmente os escalões de correntes nominais para os painéis de linha MAT – Muito Alta Tensão que se indicam na Tabela 14 [25].

Tabela 14 - Escalões de correntes nominais em painéis de linha de subestações da RNT

150 kV	220 kV	400 kV
2000 A	2500 A	2500 A

3.3. Aplicabilidade da metodologia

A metodologia que aqui se propõe pode ser aplicada a qualquer linha e nível de tensão da RNT. Para efeitos de cálculo, nesta dissertação foi usado *software* Microsoft Excel com programação VBA – *Visual Basic for Applications*.

Optou-se por estudar três perfis de linha MAT distintos entre si no nível de tensão, características dos cabos condutores, temperatura máxima de projecto e localização geográfica. As três linhas em estudo são representativas da rede de transporte de energia em Portugal.

Na impossibilidade de obter dados meteorológicos para as zonas geográfica das três linhas em estudo e visto que o objectivo principal deste trabalho é a apresentação da nova metodologia, optou-se por se considerar que as três linhas estariam sujeitas às mesmas condições meteorológicas e em toda a extensão dos seus traçados. Apesar de as linhas não estarem, neste caso, a ser avaliadas com dados meteorológicos próprios das zonas onde estão instaladas, entendeu-se que esse facto não é preponderante para a aplicação da metodologia.

A determinação dos vãos críticos, que correspondam à mínima capacidade de transporte de cada linha, a um dado momento, não faz parte do âmbito desta dissertação. No entanto, no ponto 3.6 é apresentada, com vista a desenvolvimento posterior, uma sugestão de metodologia que permite determinar os vãos críticos de cada linha para o dia seguinte, em função das condições meteorológicas previstas.

As linhas que se consideraram para estudo, e o resumo das suas características são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Linhas MAT em estudo

Designação da Linha	Distrito	Nível de Tensão [kV]	Temperatura máxima de projecto [°C]	Temperatura máxima de verão [°C]	Cabo condutor
1088 - Fratel – Falagueira, a 150 kV	Portalegre	150	50 (*)	33	Bear
2146 – Carregado – Santarém, a 220 kV	Lisboa, Santarém	220	75	32	Zebra
4040 – Alqueva – Ferreira, a 400 kV	Beja	400	75	35	Zambeze

() A linha Fratel-Falagueira tem sido alvo de estudo com vista ao aumento da temperatura de projecto. Esta linha deverá ser brevemente alvo de uprating, passando a estar preparada para operar a 85 °C.*

Como forma de aumentar a capacidade de transporte das linhas eléctricas e de reduzir as perdas por efeito de Joule, é habitual usar-se mais do que um cabo por fase. No caso português, o operador adoptou o princípio de usar feixe duplo, isto é, dois cabos por fase, para linhas com nível de tensão igual ou superior a 220 kV. Não obstante, para validação e análise da metodologia que se propõe, considerou-se que todas as linhas estão equipadas apenas com um cabo por fase. É possível determinar a capacidade de transporte para múltiplos cabos por fase sendo eventualmente necessário considerar a dinâmica térmica que se estabelece em função da disposição e número de condutores agrupados. Esse estudo não faz parte da presente dissertação.

3.4. Implementação da metodologia

Na implementação da metodologia é, à priori, necessário indicar as características do cabo. Neste trabalho usaram-se três cabos distintos, descritos no ponto 3.1.2. É também necessário estabelecer a temperatura máxima de projecto da linha e a altitude em relação ao nível do mar.

A previsão meteorológica num horizonte de 24 horas de temperatura, radiação solar e de velocidade e direcção do vento será futuramente obtida com recurso modelo de previsão Mesoescala descrito em 1.5. Para apresentação da metodologia consideraram-se várias combinações de classes de parâmetros meteorológicos, descritas nos pontos 3.1.1.1 a 3.1.1.3.

A necessidade expressa no ponto 3.1.1.3 em caracterizar com rigor o arrefecimento por convecção a ventos reduzidos e também a necessidade de garantir que não se ultrapassam a temperatura de projecto do cabo, levou a que se optasse pela utilização dos dois modelos matemáticos expostos anteriormente, em função da velocidade do vento prevista.

Para velocidades de vento previstas iguais ou superiores a 0,6 m/s, o modelo usado é o de Kuipers & Brown com velocidade fixa de 0,6 m/s e temperatura ambiente e radiação solar previstas. Pretende-se, com esta escolha, actuar do lado da segurança, garantindo que não se ultrapassam as temperaturas máximas de projecto das linhas.

A aplicação do modelo difere do método actual de referência do operador de rede no facto de usar dados de previsão para temperatura ambiente em vez das temperaturas de referência tradicionalmente usadas no planeamento. Também a radiação solar deixa de ser 1000 W/m² durante o dia e 0 W/m² para as noites, para passar a ser também resultado da previsão para o dia seguinte.

Neste caso, calcula-se o arrefecimento por convecção com recurso à equação (25) e resolve-se a equação (24) em ordem à corrente eléctrica I , obtendo-se assim a capacidade de transporte. No caso da velocidade do vento prevista ser menor que 0,6 m/s, é usada a metodologia CIGRÉ descrita em 2.1. Para este modelo são usadas a altitude da linha e o ângulo de incidência previsto do vento.

São calculados o aquecimento por efeito solar e o arrefecimento por efeito radiativo com recurso às expressões apresentadas em 2.1.1.3 e 2.1.2.5, respectivamente. Para cálculo do arrefecimento por efeito convectivo, é necessário calcular os números de Nusselt para convecção forçada a 90 °, para convecção segundo o ângulo de incidência previsto do vento e para convecção natural.

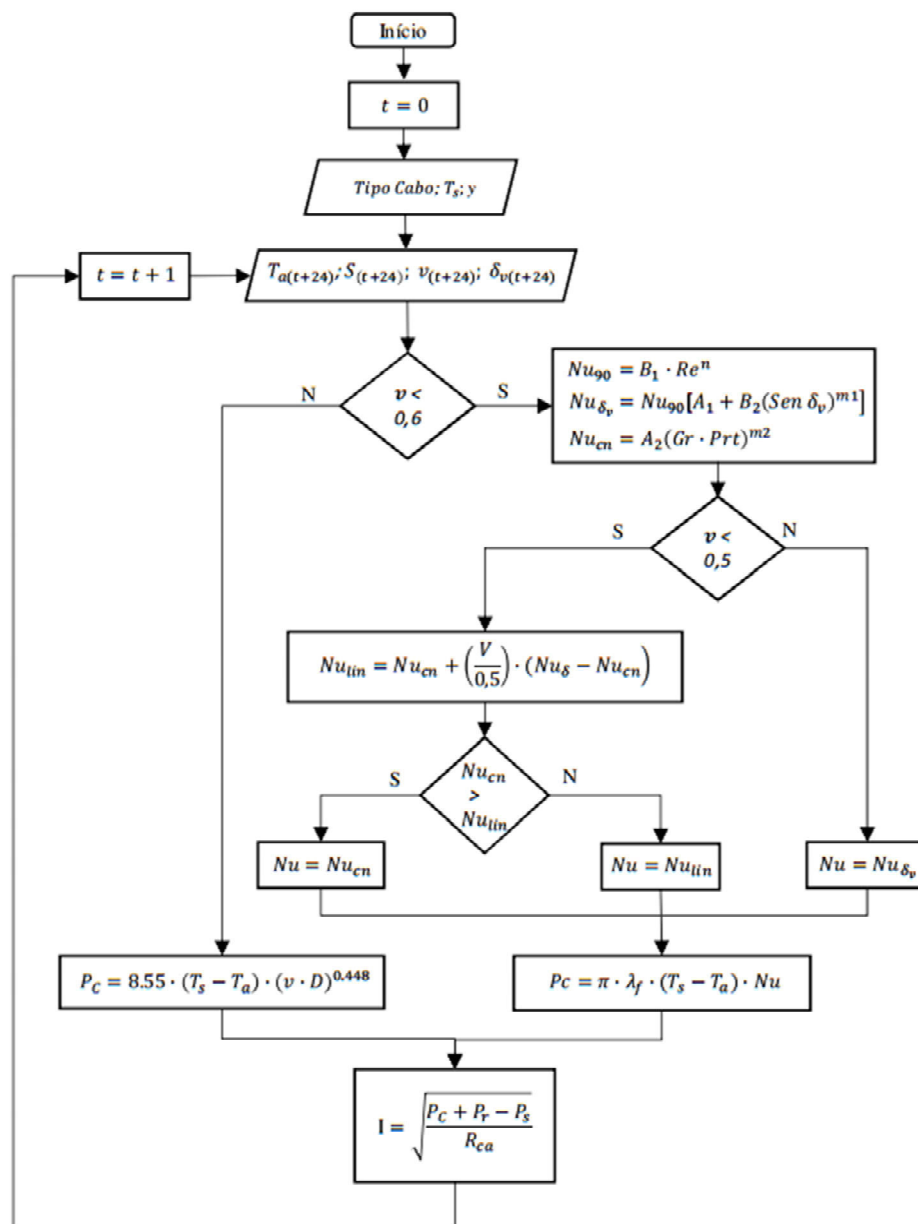


Figura 16 - Fluxograma da metodologia proposta

Se, neste caso, a velocidade prevista do vento for igual ou superior a 0,5 m/s e inferior a 0,6 m/s, então o número de Nusselt a considerar é aquele segundo o ângulo de incidência previsto do vento. De outra forma, aplica-se a linearização apresentada em 2.1.2.4, apurando-se o número de Nusselt linearizado. Se este for superior ao número de Nusselt para convecção natural então é usado para cálculo do arrefecimento por convecção. Caso contrário é considerada apenas a convecção natural.

Apurado o número de Nusselt, é calculado o arrefecimento por convecção e resolvida a equação (23) em ordem à corrente eléctrica, determinando-se assim a capacidade de transporte. A Figura 16 apresenta o fluxograma da metodologia proposta.

3.5. Comparação com *rating* em tempo real

Realizou-se uma comparação dos resultados obtidos com recurso à metodologia proposta com aqueles obtidos pelos cálculos do próprio operador de rede. Para o efeito usou-se como referência a linha 1088 - Fratel – Falagueira, a 150 kV. O período considerado corresponde ao ano de 2015.

Para esta linha, o operador de rede calculou, com uma frequência de 15 minutos, a capacidade de transporte da linha em função da temperatura ambiente e radiação solar medidas no local e temperatura de projecto da linha. A radiação solar considerada foi aquela que se obtém por aplicação do algoritmo de céu limpo descrito em 3.1.1.2.

O cálculo com a metodologia proposta foi efectuado com as classes T3 para temperatura, V3 (limitada a 0,6 m/s) para vento e R3 para radiação solar. O ângulo de incidência do vento foi aquele registado no PE de Perdigão. Considerou-se ainda um vão da linha com uma direcção de 280 °. A altitude considerada foi de 203,6 m. O histograma da Figura 17 apresenta a comparação entre a aplicação da metodologia proposta e o *rating* em tempo real do operador.

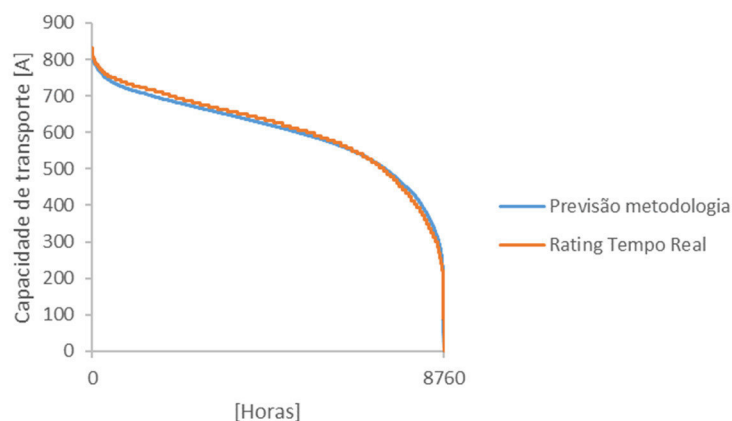


Figura 17 - Comparação entre a capacidade de transporte obtida por aplicação da metodologia proposta e o *rating* em tempo real

A análise da figura leva a concluir que os resultados são bastante semelhantes o que se pode confirmar pelas medidas de erro apresentadas na Tabela 16. Realizou-se também o cálculo da temperatura do condutor pela metodologia proposta e procedeu-se à sua comparação com a cálculo de temperatura do próprio operador.

O cálculo de temperatura do condutor foi realizado com recurso ao método iterativo de Newton-Raphson, e programação VBA, em função do registo do operador referente às correntes circulantes na linha durante o período de referência e dos parâmetros meteorológicos descritos anteriormente.

O histograma da Figura 18 apresenta a comparação entre as temperaturas médias do cabo calculadas pelo operador de rede e aquelas calculadas usando a metodologia de previsão apresentada.

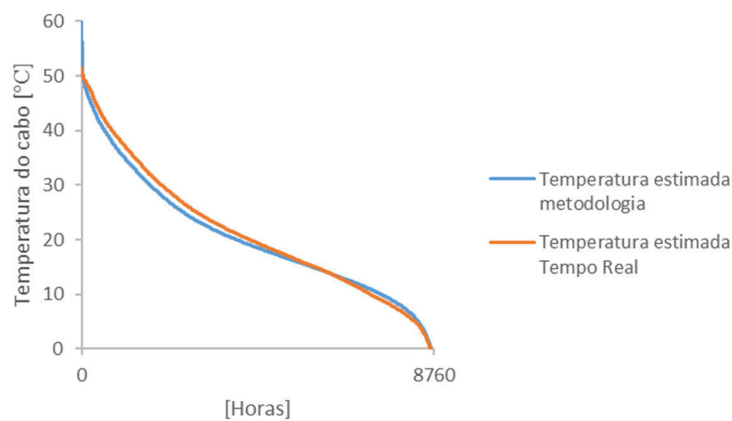


Figura 18 - Comparação entre a temperatura do cabo calculada por aplicação da metodologia proposta e pela estimativa do ORT

A análise da figura sugere que, em termos de cálculo de temperatura, os resultados são também similares. A Tabela 17 apresenta as medidas de erro da aplicação da metodologia à temperatura do condutor.

Tabela 16 - Medidas de erro da metodologia em relação ao rating em tempo real do operador

Cálculo de capacidade de transporte	
Erro Médio [A]	5,27
Desvio Médio Absoluto [A]	21,73
Erro Médio Quadrático	1406

Tabela 17 - Medidas de erro do cálculo de temperatura do cabo

Cálculo de temperatura do cabo	
Erro Médio [°C]	0,71
Desvio Médio Absoluto [°C]	2,37
Erro Médio Quadrático	9,00

3.6. Sugestão de metodologia de vão crítico

Face ao exposto nos pontos 3.1.1 e 3.3 e embora não tenha sido incorporada na metodologia apresentada nesta dissertação, entendeu-se ser pertinente apresentar uma sugestão de metodologia que permita prever, em cada momento, a zona crítica ou o vão crítico de uma linha, correspondente à zona/vão na no qual a capacidade de transporte calculada é a mais baixa.

A Figura 19 ilustra uma possível aplicação da grelha Mesoescala a uma das linhas da RNT. As células a sombreado correspondem às células do modelo Mesoescala cuja meteorologia afecta de forma mais próxima a linha representada.

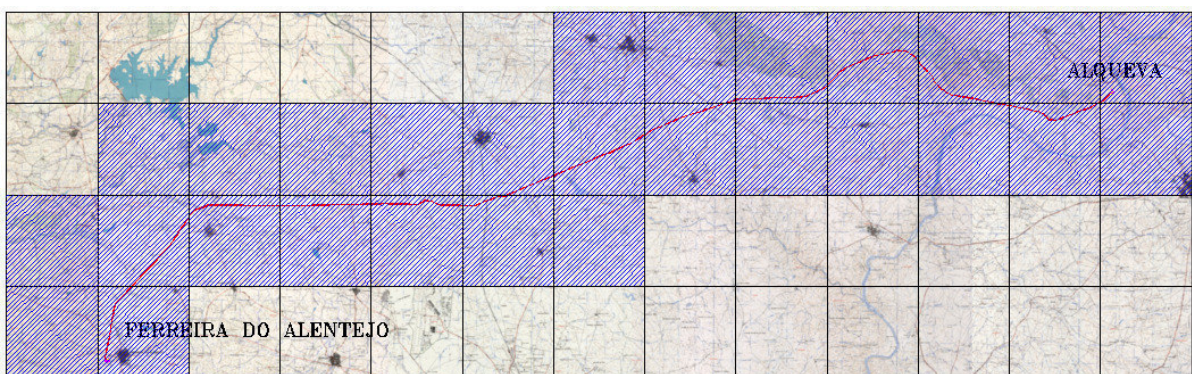


Figura 19 - Ilustração de possível aplicação da grelha Mesoescala 5x5 km a uma linha da RNT

Sabendo-se a direcção da linha em cada vão n e a direcção de vento predominante na célula correspondente, determina-se o ângulo de incidência do vento para esse vão. Com a previsão de velocidade de vento, temperatura ambiente e radiação solar para essa célula, calcula-se a capacidade de transporte para esse vão, com recurso à metodologia apresentada anteriormente.

O processo é repetido para todos os vãos da linha e células correspondentes. O vão para o qual é calculada a menor capacidade de transporte limita a capacidade de transporte de toda a linha, pelo que se pode denominar de vão crítico. A Figura 20 apresenta o fluxograma proposto.

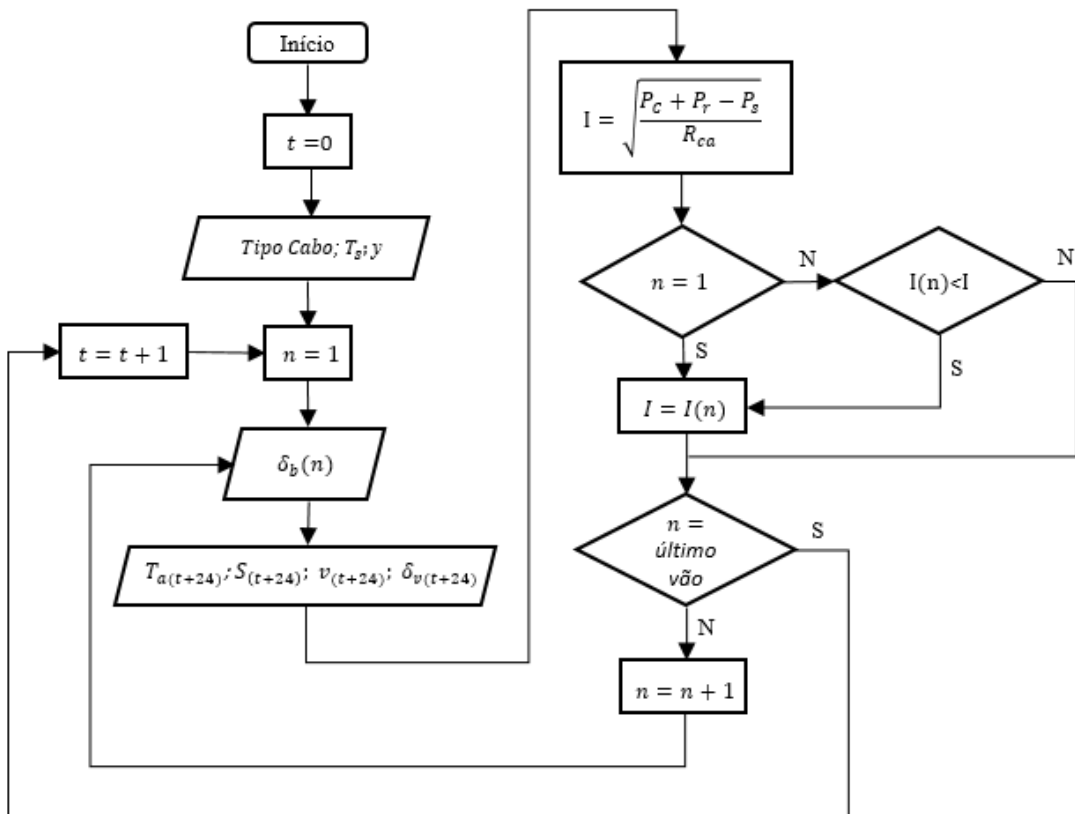


Figura 20 – Sugestão de metodologia de vão crítico – Fluxograma

4. Previsão para o dia seguinte

Com base nas classes de parâmetros meteorológicos descritas nos pontos 3.1.1.1, 3.1.1.2 e 3.1.1.3, usaram-se oito combinações de parâmetros, cuja utilização, em conjunto com a metodologia proposta, permite determinar, para o dia seguinte, a capacidade de transporte das linhas aéreas.

Uma vez que os dados meteorológicos usados neste trabalho foram recolhidos em zonas geograficamente mais próximas da linha Fratel-Falagueira, a 150 kV, essa foi a linha usada para realizar as previsões de capacidade de transporte que se apresentam neste capítulo.

As previsões foram efectuadas para um dia de Inverno, 5 de Janeiro de 2015 e para um dia de Verão, 3 de Julho de 2015.

Foi usado como referência o *rating* de referência do operador, ou seja, a combinação de classes V1, T2 e R2 e o *rating* em tempo real do operador, realizado com base em radiação solar e temperatura ambiente registadas nas subestações de Castelo Branco e Penela e em vento fixo de 0,6 m/s.

O anexo I contém os resultados do cálculo da capacidade de transporte efectuado para as diversas combinações de classes que se apresentam nos pontos seguintes.

4.1. *Rating* fixo e *rating* de referência do operador de rede (V1 T1 R1) e (V1 T2 R2)

Numa primeira abordagem, interessa distinguir as diferenças entre os resultados de um *rating* em que apenas varia a temperatura de referência (classes V1, T1, R1) com aqueles em que o *rating* usado é o de referência do operador (classes V1, T2, R2), no qual, além da temperatura ambiente de referência, varia também a radiação solar, que passa a ser nula durante as noites.

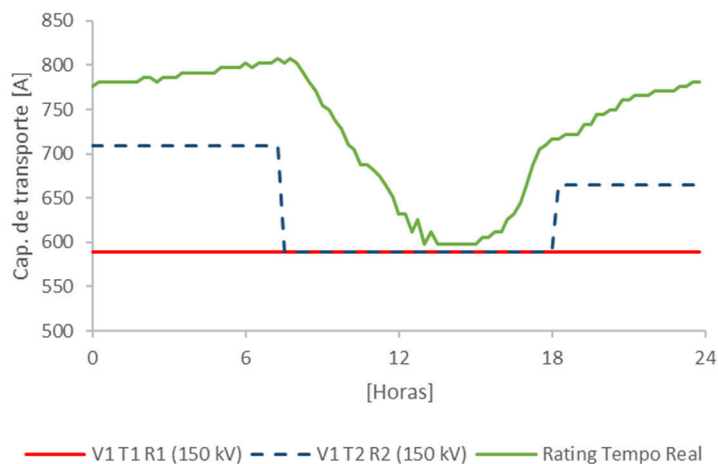


Figura 21 - *Rating* fixo e *rating* de referência do operador de rede (V1 T1 R1) e (V1 T2 R2) – Dia de Inverno

No dia de Inverno escolhido, as capacidades de transporte determinadas pelo *rating* fixo e *rating* de referência são sempre inferiores àquela calculada pelo operador em tempo real. No dia de Verão, a capacidade calculada em tempo real cai ligeiramente abaixo do *rating* de referência, por as condições meteorológicas reais serem também um pouco mais desfavoráveis do que aquelas que são consideradas, quer no *rating* de referência, quer no *rating* fixo.

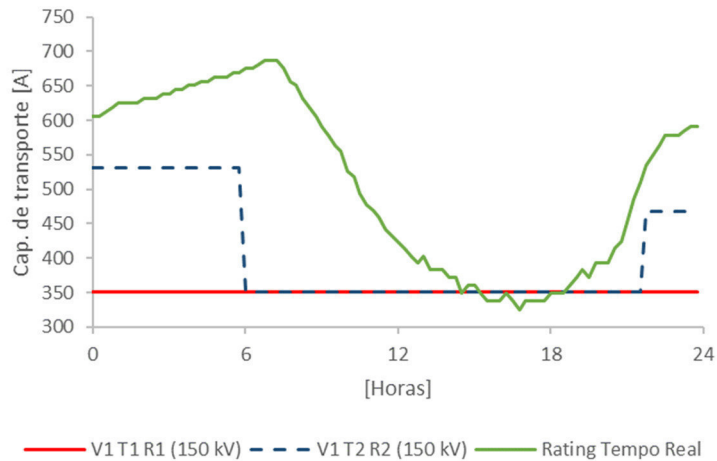


Figura 22 - Rating fixo e rating de referência do operador de rede (V1 T1 R1) e (V1 T2 R2) – Dia de Verão

No dia de Verão, as capacidades de transporte calculadas são menores do que no dia de Inverno. A utilização de *rating* fixo resulta num valor constante de capacidade de transporte ao longo do dia igual ao valor diurno da capacidade de transporte calculada com base nos valores de referência. Durante o período nocturno, é possível constatar o ganho que se obtém em capacidade de transporte pelo uso de valores de referência de parâmetros meteorológicos, pois a capacidade de transporte obtida com a combinação V1, T2 e R2 é, nesse período, bastante superior.

4.2. Rating com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2)

Uma abordagem diferente para determinar a capacidade de transporte das linhas seria aumentar a velocidade de vento de referência de 0,6 para 1 m/s. O recurso a este método justifica-se por a velocidade do vento ser superior a 0,6 m/s, na maior parte do tempo. Com uma velocidade de vento superior, o arrefecimento por efeito de convecção será também maior e, por consequência, a capacidade de transporte expectável será também maior.

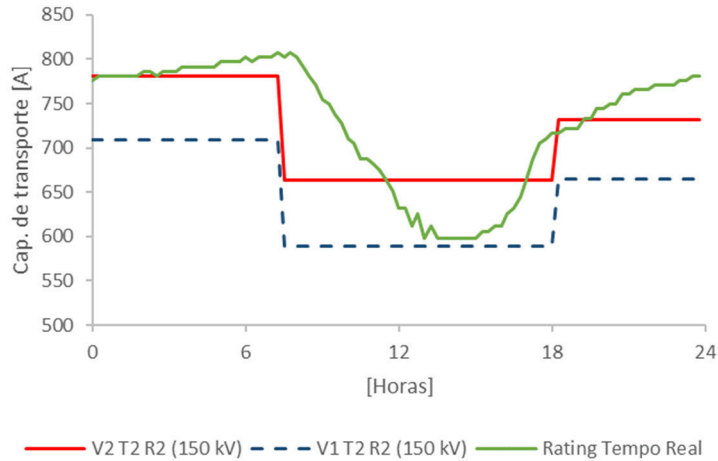


Figura 23 - Rating com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2) – Dia de Inverno

A utilização da combinação de classes V2, T2 e R2 traduz-se, na prática, por um *offset* da curva de referência. Uma vez que o efeito de convecção forçada é, nesta combinação, consideravelmente superior, é natural que a capacidade de transporte calculada também o seja.

O *rating* realizado com esta combinação de parâmetros meteorológicos apresenta valores de capacidade de transporte superiores aos do *rating* em tempo real do operador, durante as horas mais quentes do dia, o que indicia que o arrefecimento por convecção forçada provocado por um vento de 1 m/s considerado poderá ser demasiado optimista, em termos de cálculo de capacidade dos condutores.

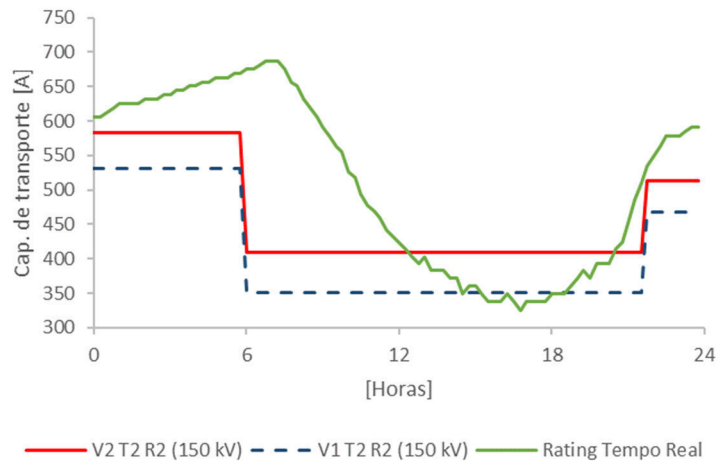


Figura 24 - Rating com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2) – Dia de Inverno – Dia de Verão

No dia de verão, verifica-se que as capacidades calculadas são inferiores às do dia de Inverno. Constatase que no dia de Verão considerado existe um período, entre as 12:00 h e aproximadamente as 20:00 h,

em que a capacidade calculada está acima daquela calculada em tempo real pelo operador, à semelhança do que acontece no dia de inverno.

A alteração da velocidade de referência do vento é um assunto delicado e um estudo a nível nacional das velocidades de vento em função da zona geográfica poderia revelar alguns indícios sobre a exequibilidade do aumento da velocidade de referência em algumas zonas do país.

4.3. Previsão diária com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2)

A previsão de temperatura ambiente para o dia seguinte em função da zona geográfica é, geralmente, a mais fácil de obter e com margens de erro relativamente baixas.

Com a informação de previsão de temperatura, e usando a velocidade de vento de referência de 0,6 m/s, juntamente com a radiação de referência do operador, é possível prever a capacidade de transporte para o dia seguinte, com resultados que se melhor se adaptam ao *rating* em tempo real do operador. A combinação de classes que corresponde a estas premissas é V1, T4 e R2.

As figuras mostram que os valores previsionais oscilam em torno do *rating* em tempo real do operador, sendo, no período diurno, quase sempre inferior. A previsão pode, inclusivamente, ser inferior à do *rating* de referência do operador.

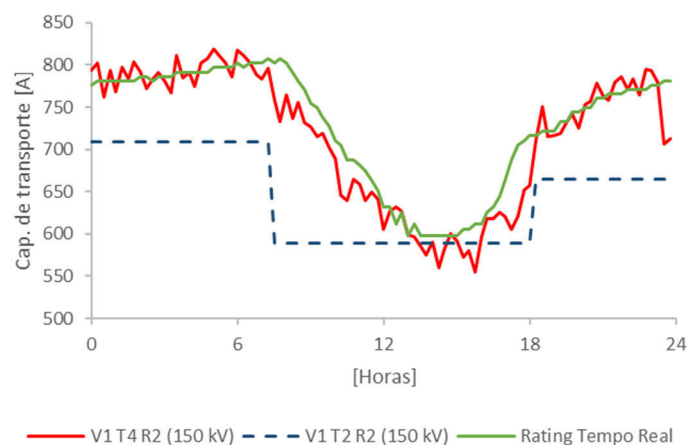


Figura 25 - Previsão diária com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2) – Dia de Inverno

Também no verão a previsão oscila em torno do *rating* em tempo real do operador. No entanto, verifica-se que no período diurno a previsão apresenta mais oscilação em torno desse valor, contrariamente ao que acontecia no dia de inverno, em que se situava quase sempre abaixo. Não obstante, também no dia de

verão os ganhos de capacidade em relação ao *rating* de referência, são superiores durante a maior parte do dia.

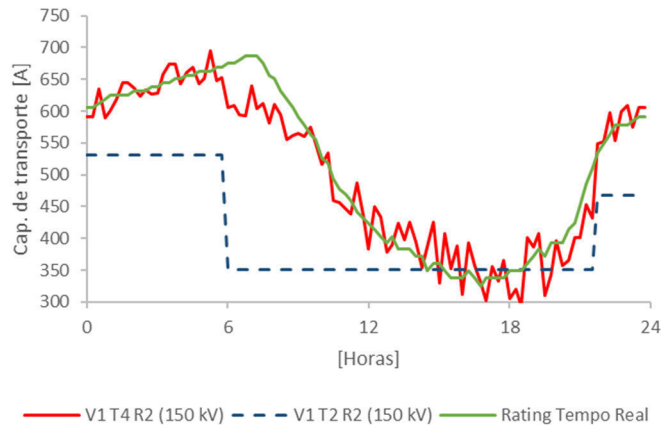


Figura 26 - Previsão diária com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2) – Dia de Verão

4.4. Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e céu limpo (V1 T4 R3)

Uma combinação de classes mais completa e que deverá devolver melhores resultados quando comparados com o *rating* em tempo real do operador, consiste na utilização de dados previsionais de radiação solar, além da previsão de temperatura. Note-se que estes dados nem sempre são de fácil aquisição, pelo que se propõe, numa primeira abordagem, a utilização do algoritmo de céu limpo descrito em 3.1.1.2 para essa finalidade.

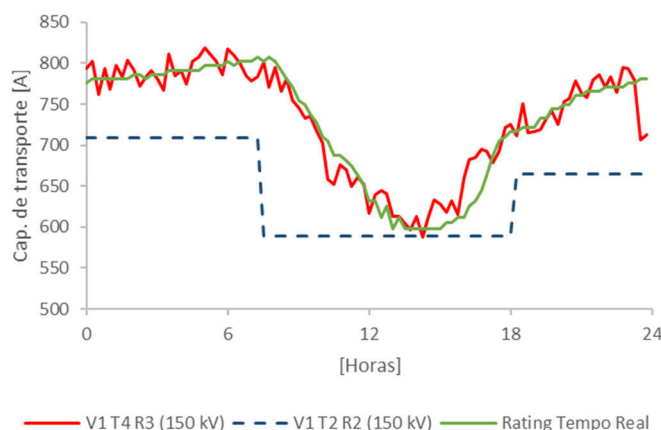


Figura 27 - Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e céu limpo (V1 T4 R3) – Dia de Inverno

A utilização do algoritmo de céu limpo em conjunto com a previsão de temperatura faz com que os valores de capacidade subam de forma subtil, especialmente durante o dia, por comparação com os resultados do

da combinação proposta no ponto anterior. Este facto fica a dever-se ao algoritmo de céu limpo prever, durante todo o dia, uma radiação inferior à radiação de referência R2, anteriormente usada.

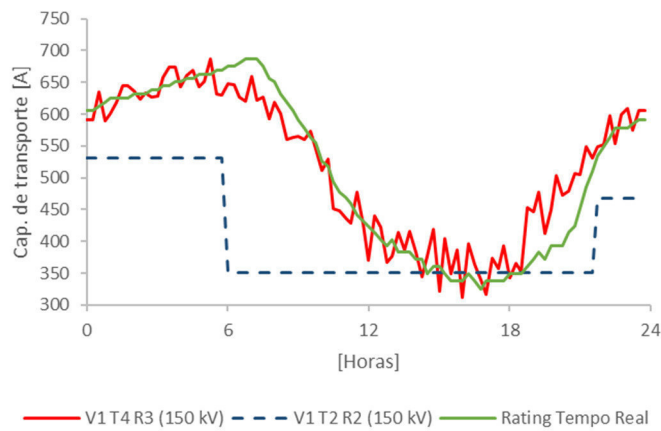


Figura 28 - Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e céu limpo (V1 T4 R3) – Dia de Verão

No dia de verão, os ganhos são ainda visíveis, mas não tão evidentes como no dia de Inverno. Este facto é compreensível, pois a radiação prevista para o verão aproxima-se e ultrapassa, inclusive, a radiação de referência, fazendo baixar a capacidade calculada.

4.5. Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e de radiação solar (V1 T4 R5)

Existindo a possibilidade de obter previsões de radiação solar e de temperatura para a zona geográfica de uma linha em estudo, é possível determinar a capacidade de transporte dessa linha em função destes parâmetros, mantendo fixa a velocidade de vento de referência de 0,6 m/s.

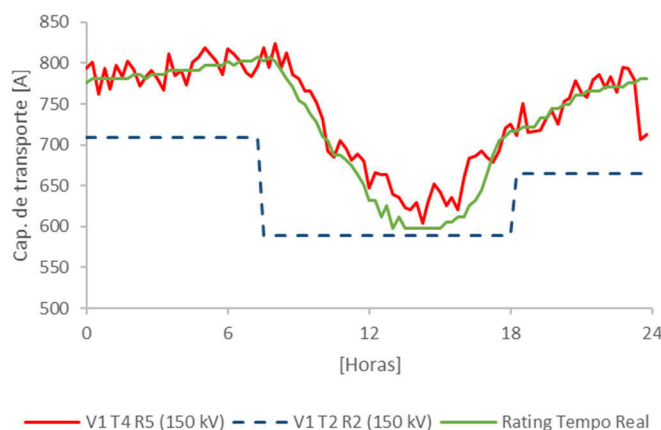


Figura 29 - Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e de radiação solar (V1 T4 R5) – Dia de Inverno

Trata-se de uma combinação interessante, já que permite considerar, com maior rigor, o efeito do aquecimento por radiação solar e temperatura ambiente, evitando o tema melindroso da velocidade do vento. A combinação de classes que corresponde a estas premissas é V1, T4 e R5.

Com a utilização desta combinação de classes, a capacidade calculada é, especialmente durante o período diurno, maior do que com a utilização do algoritmo de céu limpo apresentada no ponto anterior, quer no dia de Inverno, quer no dia de Verão. Note-se que, no dia de Inverno e durante as 24 horas do dia, a capacidade calculada é superior à capacidade de referência do operador. No dia de Verão, os resultados são similares aos do dia de Inverno, neste caso com muito pouco tempo em que a capacidade prevista está abaixo do *rating* em tempo real do operador, ou mesmo da capacidade de referência do operador.

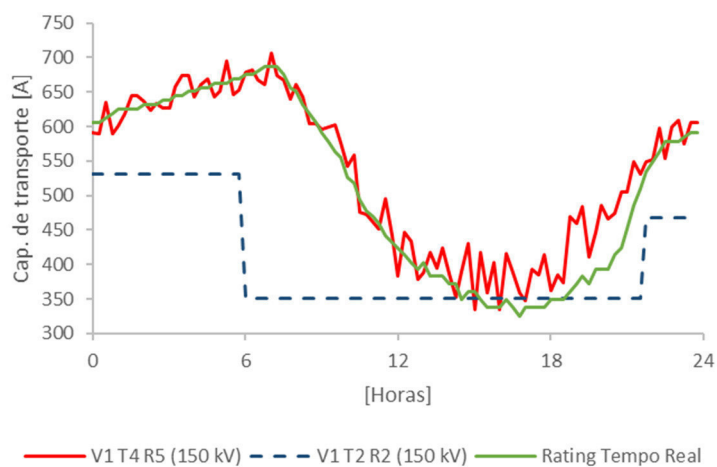


Figura 30 - Previsão diária com vento fixo, previsão de temperatura e de radiação solar (V1 T4 R5) – Dia de Verão

A utilização desta combinação de classes devolve resultados interessantes, porém salienta-se a necessidade de avaliar convenientemente a importância do vento para a capacidade de transporte das linhas eléctricas aéreas.

4.6. Previsão diária com previsão de velocidade e direcção de vento, de temperatura e de radiação solar (V4 T4 R5)

A utilização da combinação de classes V4, T4 e R5 corresponde a usar dados previsionais dos três parâmetros meteorológicos. Neste âmbito insere-se também a previsão de direcção do vento. Note-se que, todas as previsões que constituem a base desta combinação, podem ser obtidas, por exemplo, com o modelo de previsão Mesoescala.

A utilização de ventos reais pressupõe já o uso dos dois modelos matemáticos, pois para velocidades de vento abaixo de 0,6 m/s, é usado o modelo CIGRÉ e, em caso contrário, é usado o modelo Kuipers & Brown.

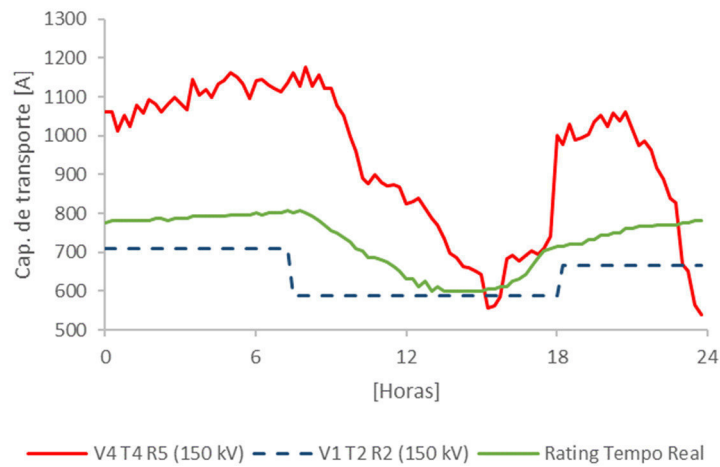


Figura 31 - Previsão diária com previsão de velocidade e direcção de vento, de temperatura e de radiação solar (V4 T4 R5) – Dia de Inverno

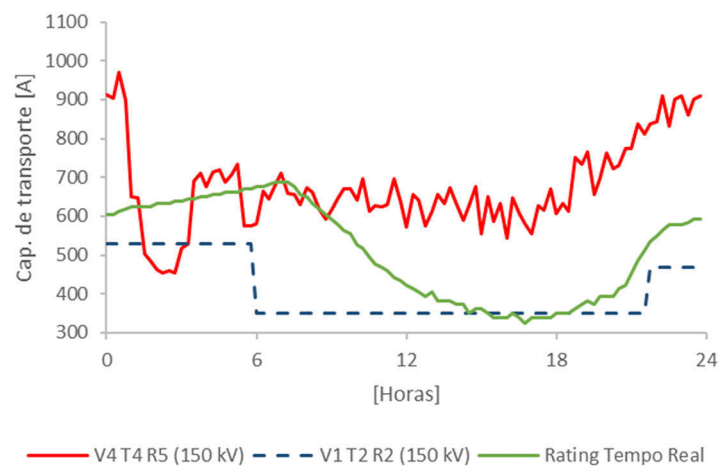


Figura 32 - Previsão diária com previsão de velocidade e direcção de vento, de temperatura e de radiação solar (V4 T4 R5) – Dia de Verão

Este é o cenário que apresenta as melhores capacidades de transporte calculadas para o dia seguinte, pois considera-se o efeito do vento na sua totalidade. De resto, quer no dia de Inverno, quer no dia de Verão, a capacidade prevista pode ultrapassar largamente, quer o *rating* em tempo real do operador, quer a capacidade de transporte de referência.

A utilização de previsões de velocidades de vento não limitadas leva, por um lado, a ganhos substanciais em termos de capacidade, mas, por outro, passam a existir períodos em que a capacidade prevista é

inferior, quer ao *rating* de referência quer ao *rating* em tempo real do operador de rede. Estes períodos ficam a dever-se a velocidades de vento reduzidas, como se pode confirmar no anexo I.

Este facto não deve ser ignorado, já que, se o operador decidir carregar a linha nestes períodos com base no *rating* de referência, a temperatura da linha ultrapassará, muito provavelmente, a temperatura de projecto.

4.7. Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e céu limpo (V5 T4 R3)

Como visto no ponto anterior, o cálculo com velocidades de vento muito elevadas pode levar a capacidades de transporte calculadas muito optimistas. Por esse motivo e face à elevada inconstância dos ventos, optou-se por limitar as previsões de velocidade de vento a 0,6 m/s. Com este procedimento, sacrifica-se um ganho significativo de capacidade de transporte em troca de um risco relativamente baixo de ultrapassar a temperatura de projecto.

Note-se ainda que as velocidades de vento muito reduzidas foram também limitadas 0,4 m/s, devido ao exposto no ponto 3.1.1.3.

Criaram-se, para o efeito, duas combinações de classes. A primeira combinação corresponde à utilização de previsões de velocidade de vento limitada, direcção de vento e de temperatura ambiente, juntamente com a utilização do algoritmo de céu limpo. A combinação correspondente a estas premissas é V5, T4 e R3.

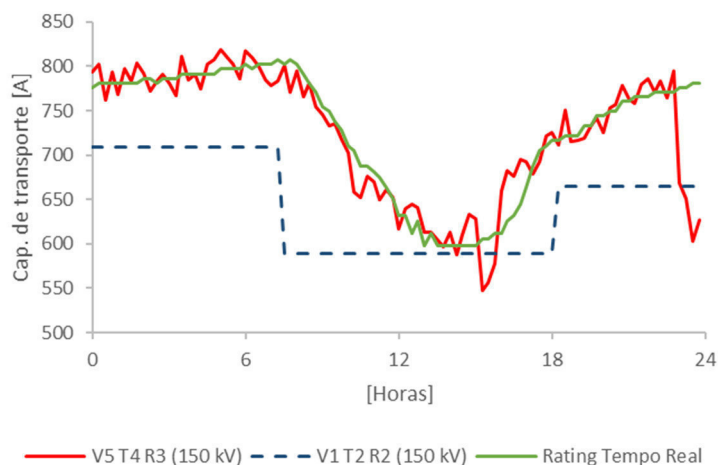


Figura 33 - Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e céu limpo (V5 T4 R3) – Dia de Inverno

Esta combinação de classes usada limita o arrefecimento por efeito convectivo e consequentemente a capacidade de transporte prevista. A utilização do algoritmo de céu limpo permite uma abordagem conservadora em termos de radiação solar, como foi visto anteriormente. Tal como esperado, são evidentes os períodos em que a velocidade de vento é inferior à de referência e que devem constituir aviso para o operador, em termos de exploração e planeamento para o dia seguinte.

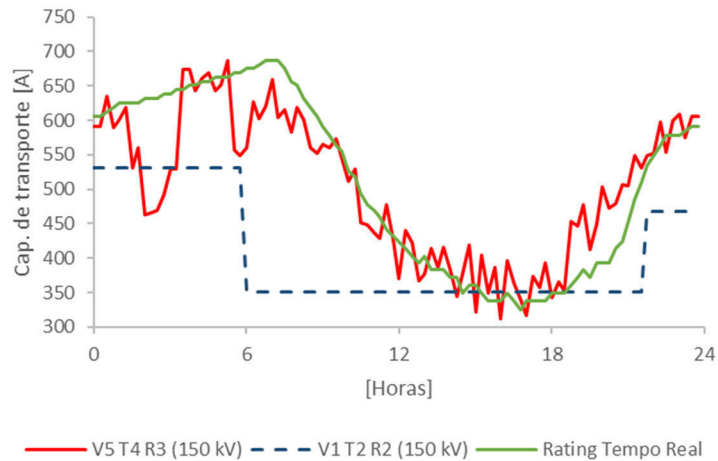


Figura 34 - Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e céu limpo (V5 T4 R3) – Dia de Verão

4.8. Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e de radiação solar (V5 T4 R5)

A segunda combinação de classes com previsão de velocidade limitada de vento é menos conservadora do que a anterior devido ao uso da previsão da radiação solar em vez do uso do algoritmo de céu limpo.

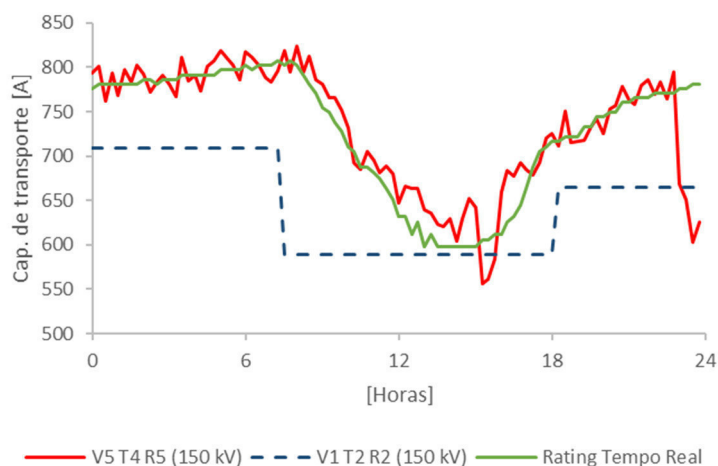


Figura 35 - Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e de radiação solar (V5 T4 R5) – Dia de Inverno

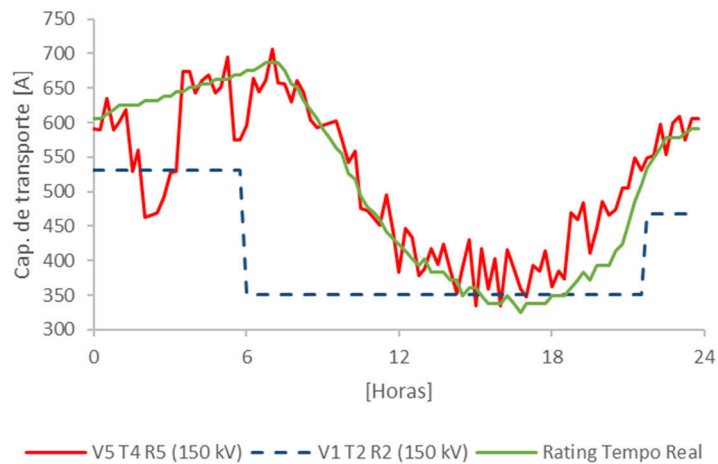


Figura 36 - Previsão diária com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e de radiação solar (V5 T4 R5) – Dia de Verão

As figuras confirmam que a utilização de previsões de radiação solar, em vez do algoritmo de céu limpo, permite um acréscimo de capacidade na linha, maioritariamente durante o dia, já que, durante a noite, a radiação é nula para os dois métodos. Também neste caso são evidentes os períodos com velocidades reduzidas de vento reduzido.

5. Resultados anuais

Para além das previsões diárias para o dia seguinte, procedeu-se à aplicação da metodologia para o período de um ano completo, com vista a analisar as diferenças entre a utilização das diferentes combinações de classes.

Os pontos seguintes apresentam a aplicação da metodologia às linhas indicadas em 3.3, com base nas diferentes combinações das classes apresentadas no ponto 4.

Visto que o *rating* de referência do operador é o método em vigor em Portugal e cujos resultados se pretende melhorar com a metodologia proposta nesta dissertação, optou-se por considerar o conjunto de classes V1, T2 e R2 como a referência para a comparação com as diferentes combinações de classes que se descrevem nos pontos seguintes. Incluiu-se também na análise, à semelhança do que foi feito no ponto 4, a comparação com o *rating* em tempo real do operador.

Nos pontos seguintes, são apresentados os resultados e análise da linha Fratel-Falagueira, a 150 kV. O anexo II apresenta os resultados para os níveis de tensão de 220 e 400 kV, porém sem o *rating* em tempo real do operador, que não foi possível obter à data de conclusão desta dissertação.

A apresentação na forma de histograma visa facilitar a aferição da relação, em termos de capacidade e número de horas, entre a previsão e os *ratings* do operador.

No ponto 5.9 apresentam-se o resumo e a análise de resultados, para os três níveis de tensão.

5.1. Resultados anuais com *Rating* fixo e *rating* de referência do operador de rede (V1 T1 R1) e (V1 T2 R2)

Os primeiros resultados anuais correspondem à utilização do *rating* fixo (classes V1, T1, R1) e à sua comparação com o *rating* actualmente em uso pelo operador (classes V1, T2, R2) e com o *rating* em tempo real do operador. A Figura 37 ilustra a diferenças entre os dois métodos.

É notável a vantagem que o operador de rede obtém em usar um *rating* mais flexível. Com efeito, não é adequado considerar que durante as noites a radiação solar esteja a 1000 W/m², tal como é feito na combinação V1, T1 e R1 pelo que, tendo o conhecimento das horas de ocaso e alvorada, é lógico considerar que no período entre essas duas horas a radiação solar seja nula. O aquecimento por radiação solar é, portanto, nulo nesse período, pelo que existe uma margem maior para o aquecimento por efeito da corrente eléctrica.

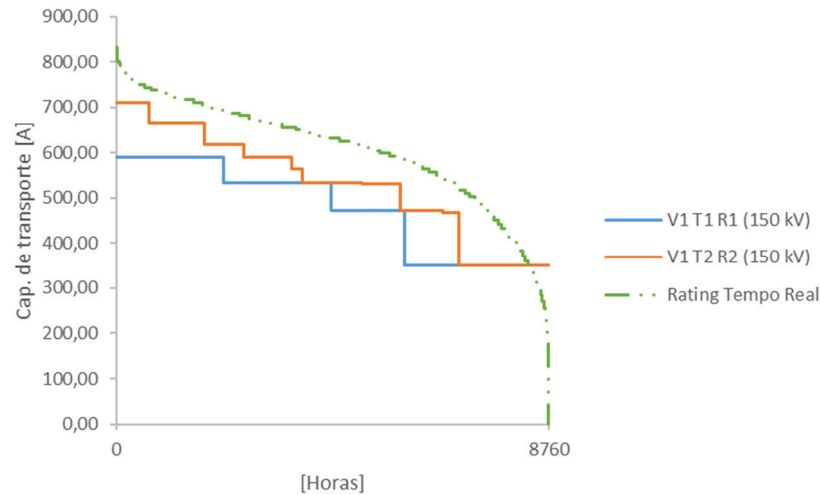


Figura 37 - Previsão anual - 150 kV: Rating fixo (V1 T1 R1) e rating de referência do ORT (V1 T2 R2)

Por outro lado, o operador de rede considera que, no período entre a meia noite e a hora de alvorada, a temperatura cai cerca de cinco graus em relação à temperatura ambiente de referência. Adotar este critério implica igualmente obter ganhos ao nível da corrente que se pode transportar nos condutores, especialmente durante as noites.

Da comparação com o *rating* em tempo real do operador, constata-se que este é quase sempre superior ao rating fixo, com a exceção dos períodos em que a combinação de factores meteorológicos, medidos localmente, é mais desfavorável.

5.2. Resultados anuais com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2)

A utilização de vento fixo de 1 m/s, leva a um aumento pronunciado da capacidade de transporte em relação ao *rating* de referência do operador, já que, na maior parte do tempo, a velocidade do vento é superior a 0,6 m/s. A Figura 38 apresenta a comparação entre o *rating* de referência (V1, T2, R2) e a utilização de vento de 1 m/s (V2, T2, R2).

Tal como no *rating* diário, regista-se um offset da curva da capacidade de transporte referente ao *rating* de referência do operador.

Face ao exposto no ponto 3.1.1.3, a adopção de velocidades de vento superiores a 0,6 m/s contrariaria a pretensão de minimizar o risco de se ultrapassarem as temperaturas de projecto das linhas, pelo a utilização, em cenário real, da classe V2 poderia devolver valores de capacidade superiores aos realmente permitidos na linha, particularmente se a velocidade de vento real for muito reduzida.

Repare-se também que passam a existir períodos em que a capacidade de transporte calculada é superior ao *rating* em tempo real do operador.

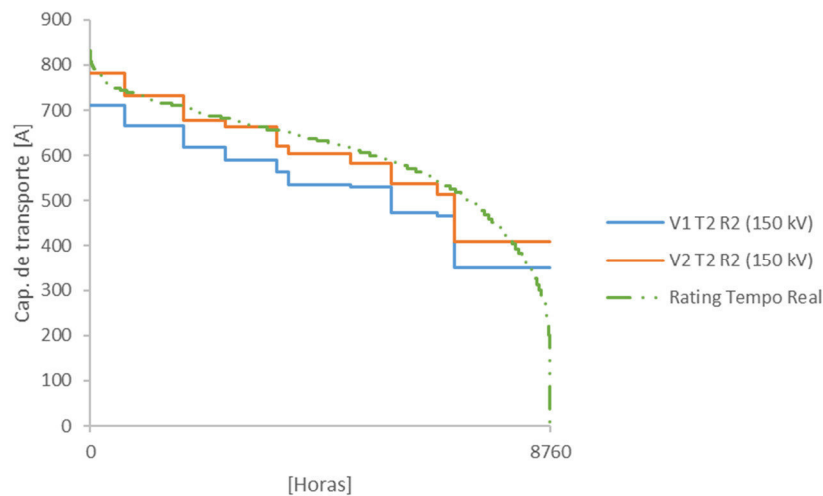


Figura 38 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2)

5.3. Resultados anuais com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2)

A utilização de temperaturas ambiente reais no cálculo da capacidade de transporte permite aproveitar as linhas de forma mais plena, uma vez que na maior parte do ano as temperaturas reais estão abaixo da temperatura de referência. No Verão, porém, pode acontecer o inverso, isto é, a temperatura ambiente real pode ser superior à temperatura de referência. Consoante o tipo de cabo e a temperatura de projecto da linha, pode ocorrer que a capacidade da linha seja nula em alguns dias de verão por a temperatura ambiente ser muito elevada.

A Figura 39 apresenta os resultados comparativos da previsão realizada com a combinação V1, T4 e R2 e o *rating* de referência do operador, com a combinação V1, T2 e R2.

Da análise da figura verifica-se que a capacidade de transporte prevista é quase sempre superior àquela calculada pelo operador com a metodologia actual e valores de referência dos parâmetros meteorológicos. Grosso modo, estes períodos correspondem a uma temperatura ambiente prevista inferior à temperatura ambiente de referência para o mesmo período. Por outro lado, confirma-se que existe um período no qual a capacidade de transporte prevista é inferior à calculada pelo operador, o que fica a dever-se, provavelmente, aos dias muito quentes de Verão.

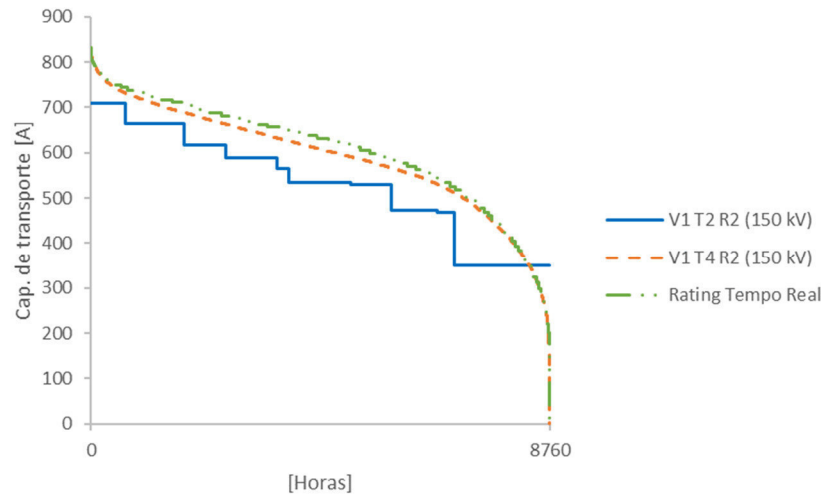


Figura 39 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2)

Esta linha, por ter sido projectada para 50 °C, apresenta períodos de capacidade de transporte nula, o que fica a dever-se a temperaturas ambiente elevadas e ao baixo arrefecimento por convecção em alguns dias de Verão. Saliente-se que a linha Fratel-Falagueira, a 150 kV tem sido alvo de estudos para *uprating*, com vista a evitar este tipo de constrangimentos.

O recurso à combinação de classes V1, T4 e R2 é interessante porque a capacidade de transporte calculada para o dia seguinte passa a ser, na maior parte do tempo, superior ao *rating* de referência do operador. Com esta combinação, são mantidos dois dos parâmetros de referência do operador, enquanto a temperatura passa a ser resultado de previsões meteorológicas, que têm um grau de certeza relativamente alto.

A imagem ilustra também que a capacidade de transporte prevista com a combinação V1, T4 e R2 é, na maior parte do tempo, inferior ao *rating* em tempo real do operador.

5.4. Resultados anuais com vento fixo, previsão de temperatura e céu limpo (V1 T4 R3)

Como visto no ponto 3.1.1.2, a utilização do algoritmo de céu limpo pode resultar em valores de radiação muito superiores à radiação registada localmente, uma vez que não considera factores como poluição e nebulosidade, que fazem baixar o valor da radiação solar incidente nos condutores. Portanto, a utilização da combinação V1, T4 e R3 será sempre uma abordagem conservadora já que a capacidade de transporte prevista será mais baixa do que se fosse considerada a radiação solar real.

A Figura 40 apresenta os resultados anuais da previsão de capacidade de transporte para o dia seguinte, considerando vento fixo de 0,6 m/s, previsão de temperatura para o dia seguinte e previsão de radiação solar com recurso ao algoritmo de céu limpo.

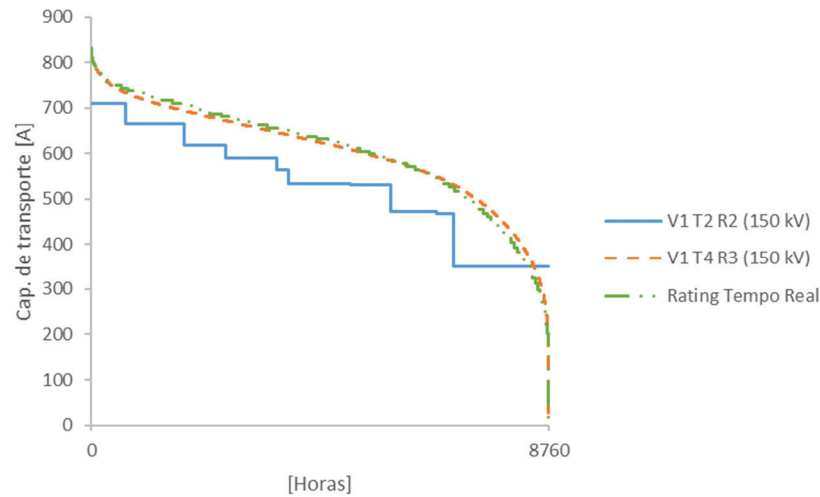


Figura 40 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com vento fixo, temperatura prevista e algoritmo de céu limpo (V1 T4 R3)

Verifica-se que, também neste caso, a capacidade de transporte prevista é maior do que aquela calculada pelo operador de rede com *rating* de referência na maior parte do tempo.

Os resultados obtidos com esta combinação de classes são um pouco mais favoráveis em termos de capacidade de transporte prevista do que a utilização da combinação do ponto anterior. Apesar de o algoritmo de céu limpo ser conservador por comparação com a radiação real, quando se compara com a radiação de referência do operador, constata-se que existem diferenças que justificam esse acréscimo de capacidade de transporte.

Recorde-se que o *rating* de referência considera uma radiação solar de 1000 W/m^2 para o período diurno, independentemente do dia do ano e da posição geográfica. Além disso, a transição entre o dia e a noite é brusca, variando instantaneamente entre 0 e 1000 W/m^2 e vice-versa, ao passo que o algoritmo de céu limpo descreve suavemente essa transição.

Estas diferenças resultam em valores de radiação solar anuais inferiores, pelo que, com menos radiação solar calculada, existe uma margem maior para o aquecimento do condutor por efeito da corrente eléctrica até ser atingida a temperatura máxima de projecto. O uso da metodologia proposta em conjunto com esta combinação é também interessante por a capacidade de transporte calculada ser, na maior parte do tempo, superior ao *rating* referencial do operador e ter uma aplicação relativamente fácil.

Observa-se também que o histograma representativo dos resultados com a aplicação da combinação proposta é similar ao do *rating* em tempo real do operador.

5.5. Resultados anuais com vento fixo, previsão de temperatura e de radiação solar (V1 T4 R5)

A utilização da previsão de radiação solar em vez da aplicação do algoritmo de céu limpo, resulta, como visto anteriormente, em valores mais elevados de capacidade de transporte. A existência de nebulosidade, que pode ser prevista com algum rigor, pode, por exemplo, fazer baixar a intensidade de radiação solar incidente no condutor e com isso aumentar a capacidade de transporte deste.

A combinação de classes que corresponde à utilização de vento fixo de 0,6 m/s, previsão de temperatura e de radiação solar é V1, T4 e R5 e a Figura 41 apresenta os resultados obtidos.

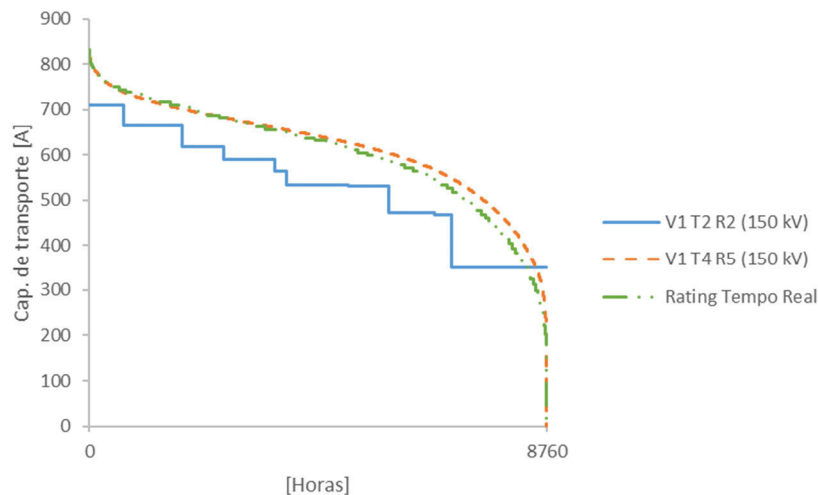


Figura 41 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar prevista (V1 T4 R5)

Com a utilização desta combinação de classes, o número de horas em que a capacidade de transporte calculada é superior ao *rating* de referência do operador aumenta ligeiramente. Se for possível prever, com alguma precisão, a radiação solar, então, verifica-se que o aquecimento provocado por esta no condutor é, quase sempre, inferior ao aquecimento calculado com radiação de referência do operador, pelo que a capacidade de transporte é, neste caso, quase sempre superior.

Por comparação com o *rating* em tempo real, o histograma da previsão é similar, embora com um período acentuado em que a capacidade de transporte é superior. Atente-se ao ponto 3.5 onde é feita uma comparação da metodologia usando valores reais e o *rating* em tempo real do operador.

5.6. Resultados anuais com previsão de velocidade e direcção de vento, de temperatura e de radiação solar (V4 T4 R5)

Com o conhecimento da previsão de velocidade e direcção do vento para o dia seguinte, juntamente com a previsão de temperatura ambiente e radiação solar, é também possível determinar a capacidade de transporte para o dia seguinte.

Trata-se do primeiro de três casos em que todas as previsões meteorológicas resultam do modelo Mesoescala descrito em 1.5. A velocidade de vento não é, neste caso, limitada, pelo que as capacidades de transporte serão, naturalmente, as mais expressivas de todos os casos, já que o arrefecimento por convecção será considerado na sua totalidade.

A combinação de classes que corresponde à utilização da previsão de todas as variáveis é V4, T4, R5. A Figura 42 apresenta os resultados anuais da aplicação da metodologia em conjunto com esta combinação.

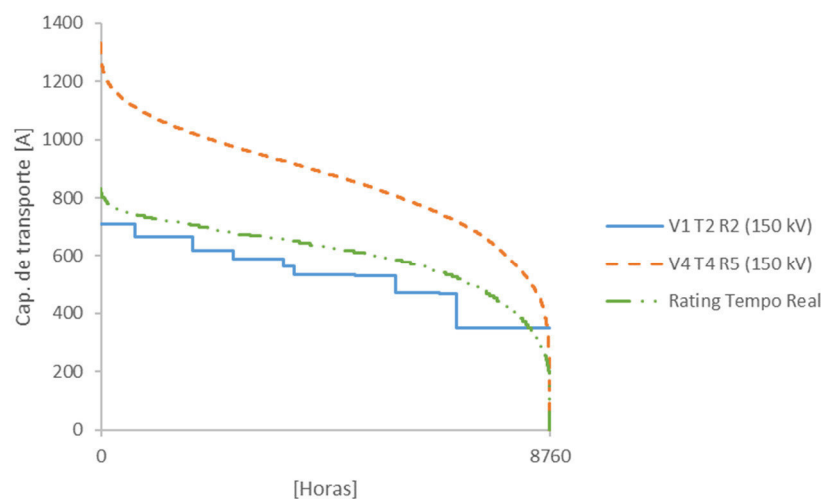


Figura 42 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com direcção e velocidade de vento, temperatura e radiação solar previstas (V4 T4 R5)

Pode-se verificar que praticamente durante todo o ano a previsão indica capacidade de transporte acima do *rating* de referência do operador.

Porém, como também se consideram velocidades de vento abaixo de 0,6 m/s, acontece que a capacidade de transporte pode também ser significativamente mais baixa do que aquela considerada pelo *rating* de referência do operador (Veja-se a previsão diária, no ponto 4.6). Não obstante, verifica-se que a velocidade de vento prevista é quase sempre superior a 0,6 m/s, pelo que as capacidades de transporte previstas ultrapassam quase sempre o *rating* referencial do operador.

Neste caso, a previsão resulta, durante todo o tempo, em valores de capacidade de transporte superiores aos do *rating* em tempo real do operador, que usa uma velocidade de vento limitada a 0,6 m/s.

A utilização desta combinação de classes revela ser a mais favorável em termos de capacidade de transporte calculada. Esta seria a combinação ideal de parâmetros, mas cuja utilização dependeria de um grau bastante significativo de precisão das previsões meteorológicas em toda a extensão da linha, sob pena de agravar o risco de ultrapassar as temperaturas de projecto da mesma.

A capacidade de transporte calculada pode, neste caso, ser largamente exagerada, pelo que a previsão de velocidade de vento sem limitação deve, na opinião do autor, ficar reservada apenas para efeitos estatísticos ou indicativos.

5.7. Resultados anuais com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e céu limpo (V5 T4 R3)

A classe de vento V5 limita a velocidade do vento, quer inferiormente, quer superiormente. Relembre-se também que o do algoritmo de céu limpo é conservador em termos de capacidade de transporte, logo, esta combinação de classes de parâmetros deverá resultar em capacidades de transporte inferiores àquelas que se obtém com uma velocidade de vento ilimitada e radiação solar prevista.

Desta forma, entendeu-se que das diferentes combinações possíveis das classes de parâmetros meteorológicos indicados em 3.1.1, a que assegurava um maior grau de segurança, garantindo ainda vantagens notáveis ao nível da capacidade de transporte prevista, seria a combinação V5, T4 e R3, isto é, velocidade do vento prevista para o dia seguinte, mas limitada ao intervalo [0,4; 0,6] m/s, direcção de vento prevista, temperatura prevista e radiação solar calculada com algoritmo de céu limpo, descrito em 3.1.1.2.

A Figura 43 mostra os resultados para a combinação V5, T4 e R3. Como seria de esperar, o histograma previsão de capacidade com esta combinação devolve resultados similares aos do *rating* em tempo real do operador, já que os dados previsionais de temperatura ambiente e radiação solar usados são baseados nos dados usados pelo operador no seu próprio *rating* em tempo real. Além disso, a velocidade de vento varia pouco em relação aos 0,6 m/s usados pelo operador.

Esta nova combinação de classes garante que, quase na totalidade do tempo, a capacidade calculada é superior ao *rating* de referência do operador.

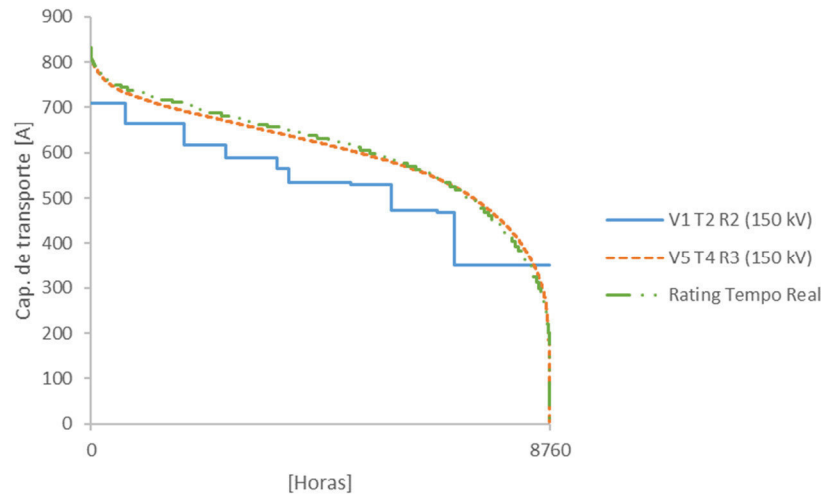


Figura 43 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com previsão de velocidade limitada de vento, direcção, temperatura e algoritmo de céu limpo (V5, T4, R3)

5.8. Resultados anuais com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e de radiação solar (V5 T4 R5)

Com a integração plena da previsão proveniente do modelo Mesoescala e a metodologia que se propõe nesta dissertação, podem ser usados todos os valores previsionais de direcção e velocidade de vento, temperatura ambiente e radiação solar. Tal como na combinação anterior de classes, também neste caso a velocidade de vento é limitada ao intervalo [0,4; 0,6] m/s.

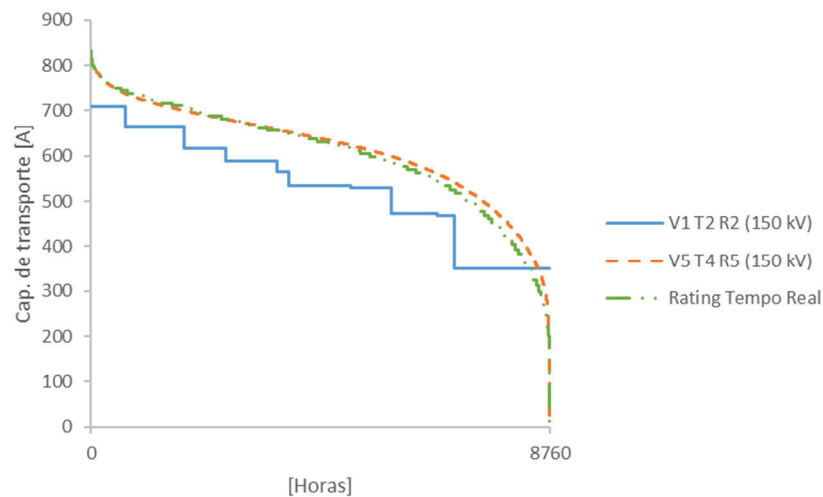


Figura 44 - Linha Fratel-Falagueira, a 150 kV: Rating com previsão de velocidade limitada de vento, direcção, temperatura e radiação solar (V5, T4, R5)

A Figura 44 apresenta o histograma referente à capacidade de transporte calculada com a combinação de classes V5, T4 e R5. Como seria de esperar, a utilização desta combinação de classes resulta em valores mais elevados de capacidade de transporte do que com a utilização da combinação com algoritmo de céu limpo. Na maior parte do tempo, a capacidade calculada é superior ao *rating* de referência do operador. A comparação com o *rating* em tempo real do operador leva a concluir que os resultados são bastante similares.

5.9. Resumo e análise de resultados de previsão anuais

Com todos os resultados apurados, procedeu-se a uma análise da aplicação da metodologia ao horizonte temporal de um ano. Para isso, compararam-se os mínimos e máximos anuais de capacidade, o número de horas anuais em que a capacidade prevista está acima ou abaixo do *rating* de referência do operador, o valor da energia anual transportada em MVAh e os ganhos percentuais que se obtém pela aplicação da metodologia com cada uma das combinações de classes.

A comparação e análise de resultados fez-se para os três níveis de tensão em estudo. Os histogramas referentes aos 220 e 400 kV podem ser consultados no anexo II.

5.9.1. Capacidade mínima e máxima

Os primeiros resultados que interessam analisar são relativos às capacidades mínimas e máximas previstas com a utilização de cada combinação de classes. A Figura 45 apresenta esses valores.

Em primeiro lugar é notória a diferença em termos de máximos e mínimos, entre os três níveis de tensão. As diferentes características dos cabos Bear, Zebra e Zambeze, usados respectivamente nos 150, 220 e 400 kV fazem com que estes tenham capacidades de transporte muito diferentes.

Da análise do gráfico destaca-se a capacidade prevista pela combinação de classes V4, T4 e R5, por apresentar os valores máximos mais elevados. Este facto fica a dever-se, como se viu anteriormente, à inclusão do efeito de arrefecimento por convecção forçada na sua totalidade.

No caso dos 400 kV, a capacidade pode mesmo rondar o limite de corrente do equipamento terminal nas subestações, pelo que, no caso de linhas em feixe duplo, situação que é usual em Portugal para os 400 kV, a capacidade de transporte prevista da linha teria de ser condicionada ao limite do equipamento.

Em termos de valores mínimos, estes são registados pelas combinações de classes V4, T4 e R5, V5, T4 e R3 e V5, T4 e R5. O uso das classes V4 e V5, que podem incorporar previsões de velocidades reduzidas

de vento, pode fazer decrescer a capacidade de transporte da linha de forma acentuada. Atente-se, por exemplo, à comparação entre estas três combinações e o *rating* de referência do operador V1, T2 e R2.

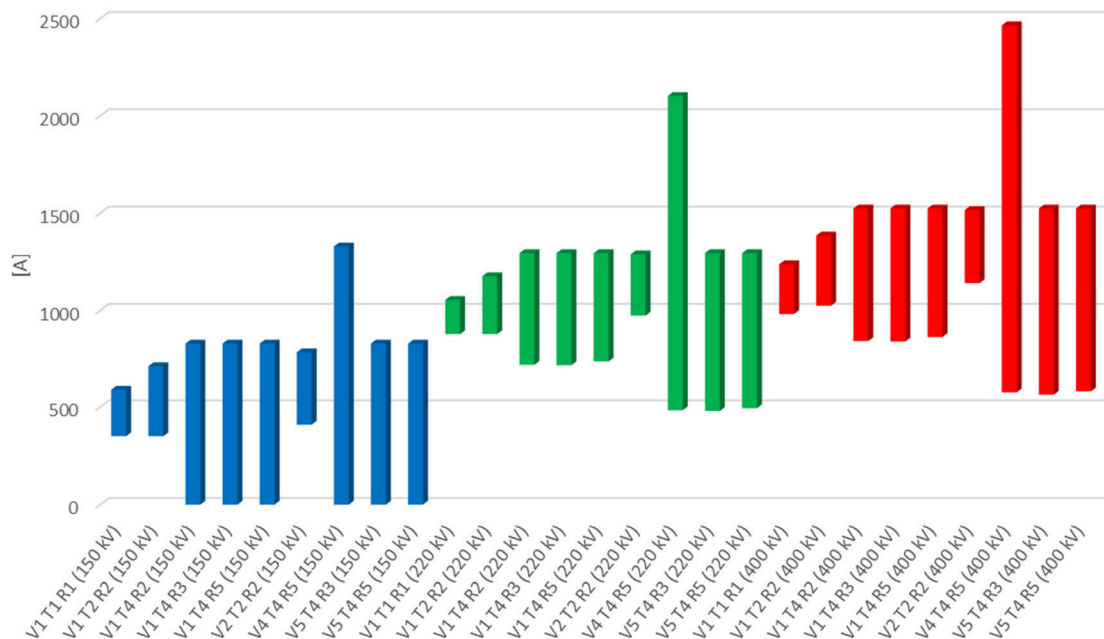


Figura 45 – Capacidade de transporte máxima e mínima de cada combinação de classes

No caso dos 150 kV, as capacidades mínimas são também atingidas com o uso das combinações V1, T4 e R2, V1, T4 e R3 e V1, T4 e R5. Este decréscimo de capacidade não fica a dever-se a incorporação de previsões de velocidade de vento reduzidas, mas ao facto de a linha de 150 kV usada para estudo ter sido projectada para 50 °C, uma temperatura relativamente baixa quando comparada com os 85 °C que são o usual nas linhas projectadas recentemente. Uma temperatura máxima de projecto reduzida significa que a margem para o aquecimento por acção da corrente eléctrica é também mais reduzida, especialmente nos dias de verão com temperaturas ambiente elevadas.

Em relação à combinação V2 T2 e R2, constata-se que as capacidades máximas são superiores às do *rating* V1, T2 e R2 de referência. Também as capacidades mínimas são superiores às de referência, embora com menor expressão.

As combinações de classes V1, T4 e R2, V1, T4 e R3 e V1, T4 e R5, apresentam sensivelmente os mesmos valores, quer se trate de máximos ou mínimos. A diferença entre estas combinações é mais perceptível quando se compara a energia anual transportada no ponto 5.9.3.

Da figura nota-se também a diferença entre o *rating* de referência do operador e o *rating* fixo, com o primeiro a apresentar valores mais elevados de capacidade.

5.9.2. Número de horas acima ou abaixo do rating de referência do operador

Outra medida que interessa aferir é o número de horas em que a capacidade prevista é superior àquela que se obtém com o *rating* de referência do operador. Este valor indica o número de horas durante o ano em que o operador terá margem para aumentar a carga da linha para além dos limites estabelecidos pelo *rating* de referência. Recorde-se que o valor da corrente na linha deve ser sempre limitado pela capacidade nominal do equipamento nas subestações.

Por outro lado, o número horas anuais em que a capacidade prevista é inferior à do *rating* de referência do operador, corresponde a um risco que o operador corre se decidir transportar na linha o nível de corrente correspondente ao *rating* referencial. Nestes casos, existe o risco de a temperatura de projecto poder ser ultrapassada, pois as condições meteorológicas previstas são mais desfavoráveis do que as referenciais do operador.

A Tabela 18 apresenta o número de horas em que a capacidade prevista está acima, abaixo, ou é igual ao *rating* de referência do operador.

Como seria de esperar, a previsão com *rating* fixo V1, T1 e R1 nunca é superior ao *rating* de referência do operador. As temperaturas de referência são as mesmas, mas o *rating* do operador considera noites sem radiação e temperaturas durante a noite com menos 5 °C em relação à temperatura diurna o que resulta numa previsão de capacidade superior nestes períodos. As previsões são, no entanto, iguais durante o período diurno, quando os parâmetros meteorológicos são iguais nas duas combinações de classes.

O recurso ao aumento da velocidade do vento de referência (combinação V2, T2 e R2) leva a que, durante todo o ano, a previsão de capacidade seja superior ao do *rating* de referência. Este facto é justificado pelo maior arrefecimento por convecção forçada provocado pelo aumento da velocidade do vento.

Tabela 18 - Número de horas acima ou abaixo do rating de referência do operador

Combinação	150 kV			220 kV			400 kV		
	Acima	Igual	Abaixo	Acima	Igual	Abaixo	Acima	Igual	Abaixo
V1 T1 R1	0	4870	3890	0	4870	3890	0	4870	3890
V2 T2 R2	8760	0	0	8760	0	0	8760	0	0
V1 T4 R2	7244	3	1513	7146	3	1611	7399	3	1358
V1 T4 R3	7655	1	1104	7598	1	1161	7806	1	953
V1 T4 R5	7891	0	869	7839	0	921	8034	0	726
V4 T4 R5	8525	0	235	8495	0	265	8518	0	242
V5 T4 R3	7503	1	1256	7385	1	1374	7605	1	1154
V5 T4 R5	7748	0	1012	7634	0	1126	7848	0	912

De entre as combinações que usam a velocidade de vento igual à velocidade referencial de 0,6 m/s, isto é, as combinações de classes V1, T1 e R1, V1, T4 e R2, V1, T4 e R3 e V1, T4 e R5, aquela que resulta em capacidade de transporte superior à do *rating* de referência V1, T2 e R2 durante mais tempo é a combinação V1, T4 e R5, que usa previsões, quer de temperatura ambiente, quer de radiação solar, podendo estas ser obtidas pelo modelo de previsão Mesoescala.

Note-se, no entanto, que o número de horas em que a capacidade de transporte prevista com esta combinação de classes é inferior à prevista pelo *rating* do operador pode variar entre as 869 e as 921 horas, o que não é desprezável, já que nestes períodos existe o risco de ultrapassar as temperaturas de projecto, caso o operador explore as linhas em função do *rating* de referência.

O incremento da velocidade referencial do vento para 1 m/s, com o uso da combinação V2, T2 e R2, resulta em capacidade de transporte prevista sempre superior àquela calculada com o *rating* de referência do operador.

Quando se passa a usar previsões de velocidade ilimitada de vento, juntamente com previsões de temperatura ambiente e radiação solar, então o número de horas acima do *rating* de referência corresponde quase à totalidade do ano. A combinação que corresponde a estas premissas é V4, T4 e R5.

Neste caso, considera-se o arrefecimento por convecção forçada na sua totalidade, pelo que o arrefecimento da linha será muito maior durante quase todo o ano, pois a velocidade do vento é quase sempre superior à referência. Porém, os ventos previstos podem também ser muito reduzidos, o que, em combinação com radiação solar e temperatura ambiente elevadas, pode diminuir drasticamente a capacidade das linhas. Este valor pode variar, segundo os resultados apurados, entre 235 e 265 horas, o que, num ano completo, é um valor baixo, mas que é indicativo do risco de violar a temperatura de projecto do condutor e que não deve ser ignorado.

Com a introdução da limitação da velocidade de vento, nas combinações V5, T4 e R3 e V5, T4 e R5, pretende-se limitar inferior e superiormente o vento, de forma a que, por um lado, as previsões de capacidade não sejam demasiado optimistas e que, por outro, seja possível ao operador aferir se, na previsão para dia seguinte, terá períodos com velocidades de vento reduzidas que diminuam essa mesma capacidade de transporte.

Assim, e estabelecendo um paralelismo com as combinações de vento fixo V1, T4 e R3 e V1, T4 e R5, as combinações com vento limitado V5 apresentam ligeiramente menos horas acima do *rating* de referência e ligeiramente mais horas abaixo, devido a considerarem velocidades reduzidas de ventos, nomeadamente entre 0,4 e 0,6 m/s.

5.9.3. Energia transportada anualmente

A análise aos resultados completa-se com a estimativa da energia total que é possível transportar nas linhas considerando o uso da metodologia e das combinações de classes de parâmetros meteorológicos propostas. Esta análise permite ao operador aferir os ganhos potenciais que a introdução da metodologia proporciona, quer em termos operacionais, quer em termos económicos.

Com esse objectivo, estimou-se também o ganho percentual da energia transportada relativamente ao *rating* de referência do operador. Esta medida permite ter a noção do ganho potencial que se obtém com a mudança dos métodos de *rating* actuais para a metodologia de previsão de capacidade de transporte das linhas para o dia seguinte, proposta nesta dissertação.

A Figura 46 apresenta a estimativa da energia anual que é possível transportar, com o uso da metodologia e combinações de classes propostas.

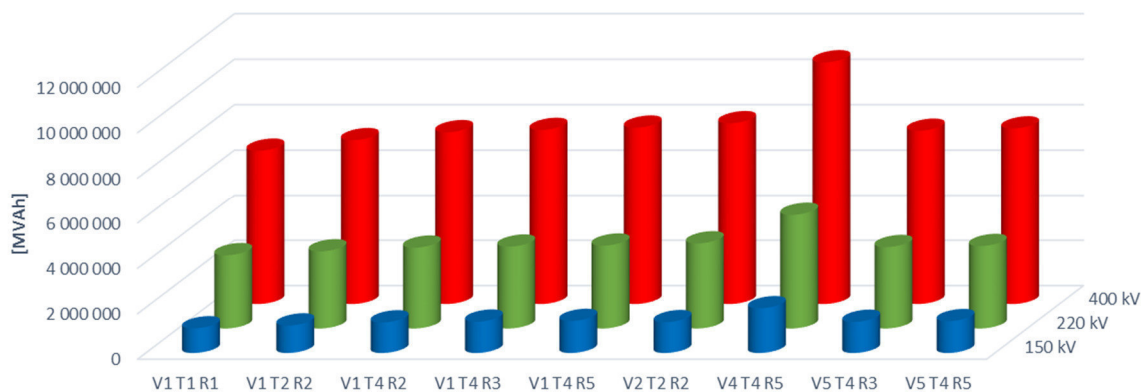


Figura 46 – Estimativa da energia total transportada anualmente

A Figura 46 mostra que, além das características do cabo, a energia transportada depende, em grande medida, da tensão da linha. Desta forma, é trivial constatar pela figura que a energia transportada é proporcional ao nível de tensão. Enquanto nos 150 kV a energia pode rondar, com o *rating* de referência do operador, os 1 210 000 MVAh, nos 220 kV esse valor é aproximadamente de 3 390 000 MVAh. Já nos 400 kV esse valor mais que duplica, para cerca de 7 164 000 MVAh.

A Tabela 19 apresenta os resultados anuais e o diferencial absoluto e relativo para o *rating* V1, T2 e R2 de referência.

Tabela 19 – Estimativa da energia total transportada e ganhos em relação ao rating do operador

Combinação	150 kV			220 kV			400 kV		
	[MVAh]	Diferença [MVAh]	Diferença [%]	[MVAh]	Diferença [MVAh]	Diferença [%]	[MVAh]	Diferença [MVAh]	Diferença [%]
V1 T1 R1	1 083 131	-126 206	-10,4	3 220 763	-170 075	-5,0	6 782 186	-381 650	-5,3
V1 T2 R2	1 209 337	0	0,0	3 390 838	0	0,0	7 163 836	0	0,0
V1 T4 R2	1 344 467	135 130	11,2	3 554 406	163 568	4,8	7 596 883	433 047	6,0
V1 T4 R3	1 376 655	167 318	13,8	3 599 016	208 177	6,1	7 697 045	533 209	7,4
V1 T4 R5	1 408 120	198 782	16,4	3 644 287	253 449	7,5	7 798 671	634 835	8,9
V2 T2 R2	1 354 488	145 150	12,0	3 742 152	351 314	10,4	7 901 091	737 255	10,3
V4 T4 R5	1 966 959	757 622	62,6	4 998 930	1 608 092	47,4	10 670 169	3 506 333	48,9
V5 T4 R3	1 368 259	158 922	13,1	3 581 245	190 406	5,6	7 660 288	496 452	6,9
V5 T4 R5	1 399 960	190 623	15,8	3 626 743	235 904	7,0	7 762 404	598 568	8,4

Da análise da Tabela 19 salienta-se, em primeiro lugar, a diferença negativa que se obtém com a utilização do *rating* fixo (Combinação V1, T1 e R1), que se compreende pelos motivos explicados no ponto anterior.

Com recurso à combinação correspondente ao aumento do vento de referência (V2, T2 e R2), os ganhos são interessantes, situando-se entre os 10 % e os 12 %.

À semelhança dos pontos anteriores, a combinação V4, T4 e R5 regista os maiores ganhos, entre aproximadamente 47 % e 63 %.

Com as combinações com vento fixo V1, exceptuando a de referência do operador, registam-se ganhos entre os 6,0 % nos 400 kV e os 16,4 % nos 150 kV.

As combinações de classes com base em velocidades limitadas de vento oscilam entre os 5,6 % de ganho estimado de energia transportada nos 220 kV e os 15,8 % para os 150 kV, sendo estes valores marginalmente inferiores às combinações congéneres com ventos fixos de 0,6 m/s.

Relembre-se que a linha de 150 kV em questão foi projectada para 50 °C. Por isso, os ganhos que se obtém com as previsões de capacidade aqui propostas adquirem maior dimensão nesta linha do que nos 220 kV e nos 400 kV, cujas linhas estão preparadas para operar a 75 °C.

Por este facto, a aplicação da metodologia e das combinações de classes propostas a linhas com temperaturas de projecto reduzidas, que possam ser eventualmente causa de congestionamento na rede, torna-se especialmente interessante, em função dos resultados obtidos.

6. Conclusões e sugestões

Com o trabalho desenvolvido nesta dissertação desenvolveu-se uma metodologia para previsão da capacidade de transporte das linhas eléctricas aéreas para o mercado diário do MIBEL do dia seguinte.

Foi criada uma ferramenta para o planeamento, despacho e exploração da rede eléctrica de transporte de energia, com foco na resolução de eventuais problemas de interligação entre países. Esta nova metodologia constitui-se como uma alternativa aos métodos de *rating* actualmente usados pelo operador da rede de transporte.

A metodologia proposta diferencia-se do método usado actualmente em dois aspectos fundamentais. Por um lado, as previsões de capacidade de transporte das linhas passam também a poder depender de previsões meteorológicas provenientes de um modelo Mesoescala, para além dos valores de referência, naturalmente conservadores e habitualmente usados pelos operadores. Com esta medida, torna-se possível ao operador caracterizar a linha em termos de capacidade de transporte no dia seguinte em função das condições meteorológicas expectáveis. Por outro lado, procurou-se estudar com mais detalhe o arrefecimento dos condutores quando se registam velocidades de vento muito reduzidas, situação em que aumenta o risco de se ultrapassar a temperatura de projecto das linhas.

Foi aplicado, além do modelo de Kuipers & Brown, um modelo matemático desenvolvido por grupos de trabalho da CIGRÉ para o cálculo da capacidade de transporte das linhas.

Com vista a entender as diferenças entre os dois modelos, procedeu-se à comparação entre ambos em função dos parâmetros meteorológicos que fazem parte das suas formulações, tendo-se concluído que os modelos apresentam resultados similares quando no modelo CIGRÉ o vento é perpendicular ao condutor e a velocidade de vento se situa entre 0,5 e 1,5 m/s. No entanto, fora desse intervalo, os modelos apresentam resultados diferentes, ficando esse facto a dever-se à forma como descrevem o arrefecimento do condutor por convecção, sendo que no modelo CIGRÉ esta é diferenciada entre convecção natural e convecção forçada. No modelo CIGRÉ é ainda considerado para cálculo o ângulo de incidência do vento.

Optou-se por uma postura conservadora em relação à velocidade do vento a considerar uma vez que a utilização de previsões com velocidades de vento moderadas a altas pode resultar em capacidades de transporte extremamente elevadas. Face à elevada inconstância do vento, se o operador de rede decidisse carregar as linhas em considerando o arrefecimento supostamente provocado por essas velocidades de vento elevadas, o risco de ultrapassar as temperaturas máximas de projecto seria significativamente agravado. Por outro lado, os parâmetros meteorológicos de referência poderão não ser suficientemente conservadores quando ocorrem velocidades de vento muito reduzidas.

O método de *rating* em vigor adopta uma velocidade de vento fixa na formulação do modelo matemático de Kuipers & Brown, usado por grande parte dos operadores. Nesta dissertação propôs-se usar, para cálculo da capacidade de transporte, as previsões de velocidade e de direcção do vento para o dia seguinte, sendo estas, no entanto, limitadas a valores que, por um lado reduzem o risco de ultrapassar as temperaturas de projecto das linhas, e por outro permitem ao operador perceber se no dia seguinte existirão períodos em que as condições meteorológicas desfavoráveis ao ponto de reduzir significativamente a capacidade de transporte das linhas.

Compararam-se os resultados da aplicação da metodologia com o *rating* em tempo real efectuado pelo próprio operador para uma linha da Rede Nacional de Transporte e demonstrou-se uma boa adequabilidade da metodologia.

Procedeu-se à implementação da metodologia e à criação de um sistema de classes de parâmetros meteorológicos, com as quais foram criadas combinações para serem usadas em conjunto com a metodologia proposta.

Aplicou-se a metodologia e realizaram-se previsões de capacidade de transporte com diferentes combinações de classes. Escolheu-se um dia de Verão e um dia de Inverno de 2015 e realizaram-se previsões para esses dias, comparando-se os resultados com o *rating* em tempo real e o *rating* de referência do operador.

Consideraram-se três linhas de Muito Alta Tensão, representativas da Rede Nacional de Transporte de energia, e realizou-se a previsão diária para todos os dias de 2015, para os três níveis de tensão. Estimou-se a energia total transportada considerando a utilização da metodologia e das combinações de classes propostas e compararam-se os resultados com o *rating* de referência do operador.

A metodologia proposta aparenta ser especialmente indicada para linhas com problemas de congestionamento e/ou que tenham sido projectadas para temperaturas baixas, quando comparadas com as temperaturas de projecto praticadas actualmente. Nestas linhas, com os métodos de *rating* actuais, a capacidade de transporte calculada pode ser nula, caso a temperatura ambiente e a radiação solar sejam tão elevadas e o arrefecimento por convecção seja tão baixo que o condutor já não tenha margem para aquecimento por efeito da corrente eléctrica.

Espera-se que os resultados obtidos com a aplicação da metodologia demonstrem o seu potencial e utilidade para os operadores de rede e que suscitem o interesse no estudo e desenvolvimento de alternativas aos métodos de *rating* actuais.

Seguidamente apresentam-se algumas sugestões de melhoramento da metodologia apresentada.

A primeira sugestão tem a ver com a integração efectiva das previsões do modelo Mesoescala com a metodologia proposta. Nesta dissertação emulou-se o comportamento do modelo de previsão meteorológica, porém, a validação da metodologia em contexto real, passará necessariamente pela utilização em conjunto destes dois modelos e pela comparação dos resultados de previsão para o dia seguinte com a capacidade de transporte calculada em tempo real nesse dia.

Outro aspecto importante é o desenvolvimento da metodologia de vão crítico sugerida. Com efeito, uma linha com vários quilómetros de extensão está sujeita a diferentes condições meteorológicas, sendo por isso essencial determinar, a cada momento, qual o vão no qual essas condições são as mais desfavoráveis, limitando assim a capacidade de transporte de toda a linha. Esta metodologia complementarà aquela que se apresenta nesta dissertação, sendo essencial a agregação de ambas numa metodologia única.

Sugere-se também o estudo dos ganhos que obtém com a aplicação da metodologia proposta em linhas que estejam frequentemente sujeitas a problemas de congestionamento, nomeadamente aquelas que foram projectadas para temperaturas mais baixas. Como referido, é nestas linhas que parece ser mais vantajoso a utilização da metodologia. Face à possibilidade de ocorrência de *market splitting*, seria especialmente interessante estudar a aplicação da metodologia e quantificar os ganhos em linhas de interligação com a rede eléctrica espanhola.

Bibliografia

- [1] D. C. Mohamad Musavi, *Overhead Conductor Dynamic Thermal Rating Measurement and Prediction*, IEEE, 2011.
- [2] A. C. N. D. Rui Bernardo, *Increasing the operation efficiency of EDP Distribuição overhead powerlines*, CIRED, 2011.
- [3] R. H. D. D. T. H. Yi Yang, *MLPN based Parameter Estimation to Evaluate Overhead Powerline Dynamic Thermal Rating*, School of Electrical and Computer Engineering - Georgia Institute of Technology.
- [4] P. M. N. d. Fonte, *Introdução às redes neuronais do tipo Perceptrão Multicamada*, ISEL.
- [5] M. M. D. C. Qi Li, *Overhead Conductor Thermal Rating Using Neural Networks*, University of Maine.
- [6] E. Lindberg, *The overhead line sag dependence on weather parameters and line current*, Department of Information Technology, Uppsala University, 2011.
- [7] R. Furtado, *Métodos Estatísticos Aplicados ao Cálculo da Ampacidade e Risco Térmico de Linhas Aéreas de Transmissão*, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.
- [8] Â. F. F. Casaleiro, *Modelação de Redes Eléctricas Congestionadas*, FCUL - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2015.
- [9] A. W. G. B. Thanos Krontikis, *Weather-based Loading of Overhead Lines – Consideration of Conductor’s Heat Capacity*, Technische Universität Darmstadt.
- [10] OMIP, “Mibel,” [Online]. Available: <http://www.omip.pt/OMIP/MIBEL/tabid/72/language/pt-PT/Default.aspx>. [Acedido em 5 Maio 2016].
- [11] ERSE, “Mercado Diário,” ERSE, [Online]. Available: <http://www.erse.pt/pt/supervisaodemercados/mercadodeelectricidade/mercadodiario/paginas/default.aspx>. [Acedido em 9 Maio 2016].
- [12] REN, “Caracterização da Rede Nacional de Transporte para efeitos de acesso à rede em 31 de Dezembro de 2010,” 2011.
- [13] ERSE, *Regulamento de Relações Comerciais do Sector Eléctrico*, 2014.
- [14] “Definition of the Mesoscale,” The COMET Program, [Online]. Available: <http://www.meted.ucar.edu/mesoprim/mesodefnavmenu.php>. [Acedido em 15 05 2016].
- [15] W. G. B2.43, "Guide for thermal rating calculations of overhead lines," CIGRÉ, 2014.
- [16] W. G. 22.12, “Thermal Behaviour of Overhead Conductors,” CIGRÉ, 2002.
- [17] d. I. e. d. D. Ministério da Economia, *Portaria nº 596/2010 de 30 de Julho - Anexo I - Regulamento da Rede de Transporte*, 2010.

- [18] *A Clearly Explained and Illustrated Story About Three Types of Corona Discharge and Their Relationship to Radio Interference*, Hubbell Power Systems, Inc., 2004.
- [19] E. Review, 1968.
- [20] REN, *Reavaliação da temperatura ambiente de Verão de referência para planeamento da RNT*, 2006.
- [21] R. J. Mestre, “Curvas Teóricas de Radiação Solar Diárias,” Universidade do Algarve.
- [22] K. d. S. O. F. & M. d. F. O. Saraiva, “Medidas de Tempo,” 09 08 2016. [Online]. Available: <http://astro.if.ufrgs.br/tempo/tempo.htm>. [Acedido em 21 08 2016].
- [23] Solidal, *Catálogo de Condutores Eléctricos*, Solidal Condutores Eléctricos, S.A., 2008.
- [24] REN, *Cabos nus para linhas aéreas de MAT*, REN - Rede Eléctrica Nacional, 2007.
- [25] *Projecto de Instalações da RNT*, REN - Rede Eléctrica Nacional, S.A., 2004.

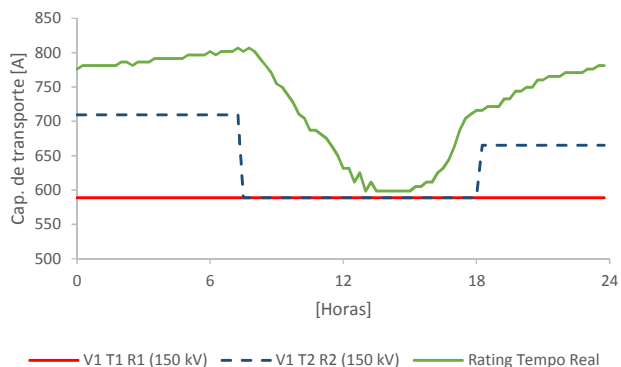
Anexos

Anexo I – Resultados da previsão para o dia seguinte

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V1 T1 R1 (150 kV)
Energia: 3672,8 MVAh
Máximo: 589,0 A
Mínimo: 589,0 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



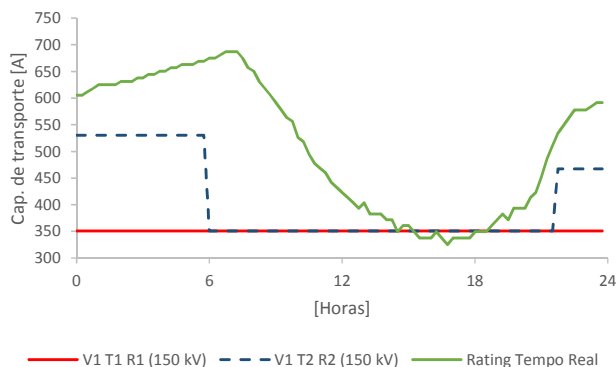
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T1	V1	R1				
5/jan/15	00:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	27,0	50,0	589,0
5/jan/15	00:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	28,0	50,0	589,0
5/jan/15	00:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	589,0
5/jan/15	00:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	31,0	50,0	589,0
5/jan/15	01:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	33,0	50,0	589,0
5/jan/15	01:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	33,0	50,0	589,0
5/jan/15	01:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	49,0	50,0	589,0
5/jan/15	01:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	31,0	50,0	589,0
5/jan/15	02:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	52,0	50,0	589,0
5/jan/15	02:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	589,0
5/jan/15	02:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	57,0	50,0	589,0
5/jan/15	02:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	55,0	50,0	589,0
5/jan/15	03:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	589,0
5/jan/15	03:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	589,0
5/jan/15	03:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	62,0	50,0	589,0
5/jan/15	03:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	61,0	50,0	589,0
5/jan/15	04:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	49,0	50,0	589,0
5/jan/15	04:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	44,0	50,0	589,0
5/jan/15	04:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	43,0	50,0	589,0
5/jan/15	04:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	58,0	50,0	589,0
5/jan/15	05:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	589,0
5/jan/15	05:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	53,0	50,0	589,0
5/jan/15	05:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	56,0	50,0	589,0
5/jan/15	05:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	56,0	50,0	589,0
5/jan/15	06:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	30,0	50,0	589,0
5/jan/15	06:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	39,0	50,0	589,0
5/jan/15	06:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	589,0
5/jan/15	06:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	54,0	50,0	589,0
5/jan/15	07:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	49,0	50,0	589,0
5/jan/15	07:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	43,0	50,0	589,0
5/jan/15	07:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	41,0	50,0	589,0
5/jan/15	07:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	45,0	50,0	589,0
5/jan/15	08:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	46,0	50,0	589,0
5/jan/15	08:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	41,0	50,0	589,0
5/jan/15	08:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	40,0	50,0	589,0
5/jan/15	08:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	53,0	50,0	589,0
5/jan/15	09:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	39,0	50,0	589,0
5/jan/15	09:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	41,0	50,0	589,0
5/jan/15	09:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	36,0	50,0	589,0
5/jan/15	09:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	49,0	50,0	589,0
5/jan/15	10:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	589,0
5/jan/15	10:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	50,0	50,0	589,0
5/jan/15	10:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	39,0	50,0	589,0
5/jan/15	10:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	589,0
5/jan/15	11:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	589,0
5/jan/15	11:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	40,0	50,0	589,0
5/jan/15	11:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	589,0
5/jan/15	11:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	38,0	50,0	589,0
5/jan/15	12:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	29,0	50,0	589,0
5/jan/15	12:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	41,0	50,0	589,0

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T1	V1	R1				
5/jan/15	12:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	35,0	50,0	589,0
5/jan/15	12:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	28,0	50,0	589,0
5/jan/15	13:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	33,0	50,0	589,0
5/jan/15	13:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	28,0	50,0	589,0
5/jan/15	13:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	22,0	50,0	589,0
5/jan/15	13:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	21,0	50,0	589,0
5/jan/15	14:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	34,0	50,0	589,0
5/jan/15	14:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	29,0	50,0	589,0
5/jan/15	14:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	23,0	50,0	589,0
5/jan/15	14:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	8,0	50,0	589,0
5/jan/15	15:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	10,0	50,0	589,0
5/jan/15	15:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	36,0	50,0	589,0
5/jan/15	15:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	589,0
5/jan/15	15:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	70,0	50,0	589,0
5/jan/15	16:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	71,0	50,0	589,0
5/jan/15	16:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	84,0	50,0	589,0
5/jan/15	16:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	90,0	50,0	589,0
5/jan/15	16:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	63,0	50,0	589,0
5/jan/15	17:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	53,0	50,0	589,0
5/jan/15	17:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	49,0	50,0	589,0
5/jan/15	17:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	53,0	50,0	589,0
5/jan/15	17:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	33,0	50,0	589,0
5/jan/15	18:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	27,0	50,0	589,0
5/jan/15	18:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	35,0	50,0	589,0
5/jan/15	18:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	20,0	50,0	589,0
5/jan/15	18:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	7,0	50,0	589,0
5/jan/15	19:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	7,0	50,0	589,0
5/jan/15	19:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	19,0	50,0	589,0
5/jan/15	19:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	11,0	50,0	589,0
5/jan/15	19:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	7,0	50,0	589,0
5/jan/15	20:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	11,0	50,0	589,0
5/jan/15	20:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	9,0	50,0	589,0
5/jan/15	20:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	5,0	50,0	589,0
5/jan/15	20:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	7,0	50,0	589,0
5/jan/15	21:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	11,0	50,0	589,0
5/jan/15	21:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	3,0	50,0	589,0
5/jan/15	21:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	8,0	50,0	589,0
5/jan/15	21:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	22,0	50,0	589,0
5/jan/15	22:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	25,0	50,0	589,0
5/jan/15	22:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	25,0	50,0	589,0
5/jan/15	22:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	22,0	50,0	589,0
5/jan/15	22:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	26,0	50,0	589,0
5/jan/15	23:00:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	25,0	50,0	589,0
5/jan/15	23:15:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	34,0	50,0	589,0
5/jan/15	23:30:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	51,0	50,0	589,0
5/jan/15	23:45:00	15,0	0,6	1000,0	203,6	68,0	50,0	589,0

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V1 T1 R1 (150 kV)
Energia: 2186,4 MVAh
Máximo: 350,6 A
Mínimo: 350,6 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



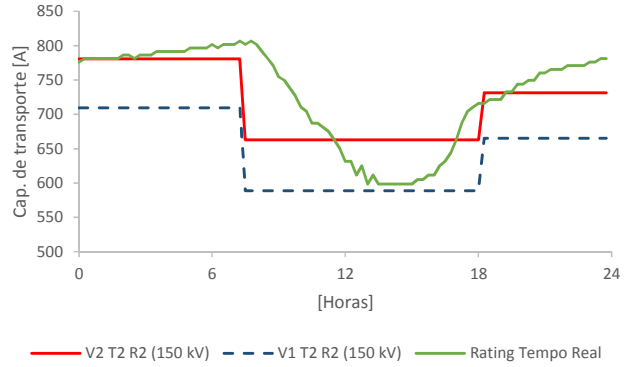
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T1	V1	R1				
3/jul/15	00:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	56,0	50,0	350,6
3/jul/15	00:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	63,0	50,0	350,6
3/jul/15	00:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	58,0	50,0	350,6
3/jul/15	00:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	67,0	50,0	350,6
3/jul/15	01:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	34,0	50,0	350,6
3/jul/15	01:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	36,0	50,0	350,6
3/jul/15	01:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	37,0	50,0	350,6
3/jul/15	01:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	63,0	50,0	350,6
3/jul/15	02:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	3,0	50,0	350,6
3/jul/15	02:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	14,0	50,0	350,6
3/jul/15	02:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	13,0	50,0	350,6
3/jul/15	02:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	24,0	50,0	350,6
3/jul/15	03:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	46,0	50,0	350,6
3/jul/15	03:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	27,0	50,0	350,6
3/jul/15	03:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	28,0	50,0	350,6
3/jul/15	03:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	20,0	50,0	350,6
3/jul/15	04:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	35,0	50,0	350,6
3/jul/15	04:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	25,0	50,0	350,6
3/jul/15	04:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	21,0	50,0	350,6
3/jul/15	04:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	27,0	50,0	350,6
3/jul/15	05:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	27,0	50,0	350,6
3/jul/15	05:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	15,0	50,0	350,6
3/jul/15	05:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	35,0	50,0	350,6
3/jul/15	05:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	350,6
3/jul/15	06:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	67,0	50,0	350,6
3/jul/15	06:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	84,0	50,0	350,6
3/jul/15	06:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	85,0	50,0	350,6
3/jul/15	06:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	79,0	50,0	350,6
3/jul/15	07:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	87,0	50,0	350,6
3/jul/15	07:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	83,0	50,0	350,6
3/jul/15	07:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	88,0	50,0	350,6
3/jul/15	07:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	75,0	50,0	350,6
3/jul/15	08:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	62,0	50,0	350,6
3/jul/15	08:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	70,0	50,0	350,6
3/jul/15	08:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	88,0	50,0	350,6
3/jul/15	08:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	89,0	50,0	350,6
3/jul/15	09:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	73,0	50,0	350,6
3/jul/15	09:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	71,0	50,0	350,6
3/jul/15	09:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	61,0	50,0	350,6
3/jul/15	09:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	61,0	50,0	350,6
3/jul/15	10:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	55,0	50,0	350,6
3/jul/15	10:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	350,6
3/jul/15	10:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	54,0	50,0	350,6
3/jul/15	10:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	58,0	50,0	350,6
3/jul/15	11:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	350,6
3/jul/15	11:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	36,0	50,0	350,6
3/jul/15	11:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	350,6
3/jul/15	11:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	52,0	50,0	350,6
3/jul/15	12:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	350,6
3/jul/15	12:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	54,0	50,0	350,6

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T1	V1	R1				
3/jul/15	12:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	54,0	50,0	350,6
3/jul/15	12:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	44,0	50,0	350,6
3/jul/15	13:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	54,0	50,0	350,6
3/jul/15	13:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	43,0	50,0	350,6
3/jul/15	13:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	44,0	50,0	350,6
3/jul/15	13:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	55,0	50,0	350,6
3/jul/15	14:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	54,0	50,0	350,6
3/jul/15	14:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	53,0	50,0	350,6
3/jul/15	14:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	46,0	50,0	350,6
3/jul/15	14:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	350,6
3/jul/15	15:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	52,0	50,0	350,6
3/jul/15	15:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	31,0	50,0	350,6
3/jul/15	15:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	24,0	50,0	350,6
3/jul/15	15:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	21,0	50,0	350,6
3/jul/15	16:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	24,0	50,0	350,6
3/jul/15	16:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	8,0	50,0	350,6
3/jul/15	16:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	6,0	50,0	350,6
3/jul/15	16:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	5,0	50,0	350,6
3/jul/15	17:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	4,0	50,0	350,6
3/jul/15	17:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	13,0	50,0	350,6
3/jul/15	17:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	1,0	50,0	350,6
3/jul/15	17:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	8,0	50,0	350,6
3/jul/15	18:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	3,0	50,0	350,6
3/jul/15	18:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	22,0	50,0	350,6
3/jul/15	18:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	10,0	50,0	350,6
3/jul/15	18:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	30,0	50,0	350,6
3/jul/15	19:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	29,0	50,0	350,6
3/jul/15	19:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	34,0	50,0	350,6
3/jul/15	19:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	350,6
3/jul/15	19:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	350,6
3/jul/15	20:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	46,0	50,0	350,6
3/jul/15	20:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	32,0	50,0	350,6
3/jul/15	20:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	36,0	50,0	350,6
3/jul/15	20:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	350,6
3/jul/15	21:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	35,0	50,0	350,6
3/jul/15	21:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	51,0	50,0	350,6
3/jul/15	21:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	36,0	50,0	350,6
3/jul/15	21:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	350,6
3/jul/15	22:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	46,0	50,0	350,6
3/jul/15	22:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	37,0	50,0	350,6
3/jul/15	22:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	350,6
3/jul/15	22:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	45,0	50,0	350,6
3/jul/15	23:00:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	53,0	50,0	350,6
3/jul/15	23:15:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	350,6
3/jul/15	23:30:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	350,6
3/jul/15	23:45:00	33,0	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	350,6

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V2 T2 R2 (150 kV)
Energia: 4465,8 MVAh
Máximo: 780,6 A
Mínimo: 663,1 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



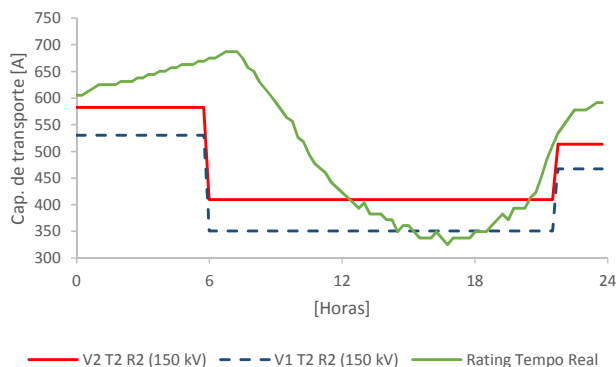
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T2	V2	R2				
5/jan/15	00:00:00	10,0	1,0	0,0	203,6	27,0	50,0	780,6
5/jan/15	00:15:00	10,0	1,0	0,0	203,6	28,0	50,0	780,6
5/jan/15	00:30:00	10,0	1,0	0,0	203,6	42,0	50,0	780,6
5/jan/15	00:45:00	10,0	1,0	0,0	203,6	31,0	50,0	780,6
5/jan/15	01:00:00	10,0	1,0	0,0	203,6	33,0	50,0	780,6
5/jan/15	01:15:00	10,0	1,0	0,0	203,6	33,0	50,0	780,6
5/jan/15	01:30:00	10,0	1,0	0,0	203,6	49,0	50,0	780,6
5/jan/15	01:45:00	10,0	1,0	0,0	203,6	31,0	50,0	780,6
5/jan/15	02:00:00	10,0	1,0	0,0	203,6	52,0	50,0	780,6
5/jan/15	02:15:00	10,0	1,0	0,0	203,6	42,0	50,0	780,6
5/jan/15	02:30:00	10,0	1,0	0,0	203,6	57,0	50,0	780,6
5/jan/15	02:45:00	10,0	1,0	0,0	203,6	55,0	50,0	780,6
5/jan/15	03:00:00	10,0	1,0	0,0	203,6	48,0	50,0	780,6
5/jan/15	03:15:00	10,0	1,0	0,0	203,6	47,0	50,0	780,6
5/jan/15	03:30:00	10,0	1,0	0,0	203,6	62,0	50,0	780,6
5/jan/15	03:45:00	10,0	1,0	0,0	203,6	61,0	50,0	780,6
5/jan/15	04:00:00	10,0	1,0	0,0	203,6	49,0	50,0	780,6
5/jan/15	04:15:00	10,0	1,0	0,0	203,6	44,0	50,0	780,6
5/jan/15	04:30:00	10,0	1,0	0,0	203,6	43,0	50,0	780,6
5/jan/15	04:45:00	10,0	1,0	0,0	203,6	58,0	50,0	780,6
5/jan/15	05:00:00	10,0	1,0	0,0	203,6	48,0	50,0	780,6
5/jan/15	05:15:00	10,0	1,0	0,0	203,6	53,0	50,0	780,6
5/jan/15	05:30:00	10,0	1,0	0,0	203,6	56,0	50,0	780,6
5/jan/15	05:45:00	10,0	1,0	0,0	203,6	56,0	50,0	780,6
5/jan/15	06:00:00	10,0	1,0	0,0	203,6	30,0	50,0	780,6
5/jan/15	06:15:00	10,0	1,0	0,0	203,6	39,0	50,0	780,6
5/jan/15	06:30:00	10,0	1,0	0,0	203,6	42,0	50,0	780,6
5/jan/15	06:45:00	10,0	1,0	0,0	203,6	54,0	50,0	780,6
5/jan/15	07:00:00	10,0	1,0	0,0	203,6	49,0	50,0	780,6
5/jan/15	07:15:00	10,0	1,0	0,0	203,6	43,0	50,0	780,6
5/jan/15	07:30:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	41,0	50,0	663,1
5/jan/15	07:45:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	45,0	50,0	663,1
5/jan/15	08:00:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	46,0	50,0	663,1
5/jan/15	08:15:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	41,0	50,0	663,1
5/jan/15	08:30:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	40,0	50,0	663,1
5/jan/15	08:45:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	53,0	50,0	663,1
5/jan/15	09:00:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	39,0	50,0	663,1
5/jan/15	09:15:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	41,0	50,0	663,1
5/jan/15	09:30:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	36,0	50,0	663,1
5/jan/15	09:45:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	49,0	50,0	663,1
5/jan/15	10:00:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	47,0	50,0	663,1
5/jan/15	10:15:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	50,0	50,0	663,1
5/jan/15	10:30:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	39,0	50,0	663,1
5/jan/15	10:45:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	47,0	50,0	663,1
5/jan/15	11:00:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	42,0	50,0	663,1
5/jan/15	11:15:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	40,0	50,0	663,1
5/jan/15	11:30:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	42,0	50,0	663,1
5/jan/15	11:45:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	38,0	50,0	663,1
5/jan/15	12:00:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	29,0	50,0	663,1
5/jan/15	12:15:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	41,0	50,0	663,1

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T2	V2	R2				
5/jan/15	12:30:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	35,0	50,0	663,1
5/jan/15	12:45:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	28,0	50,0	663,1
5/jan/15	13:00:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	33,0	50,0	663,1
5/jan/15	13:15:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	28,0	50,0	663,1
5/jan/15	13:30:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	22,0	50,0	663,1
5/jan/15	13:45:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	21,0	50,0	663,1
5/jan/15	14:00:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	34,0	50,0	663,1
5/jan/15	14:15:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	29,0	50,0	663,1
5/jan/15	14:30:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	23,0	50,0	663,1
5/jan/15	14:45:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	8,0	50,0	663,1
5/jan/15	15:00:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	10,0	50,0	663,1
5/jan/15	15:15:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	36,0	50,0	663,1
5/jan/15	15:30:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	48,0	50,0	663,1
5/jan/15	15:45:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	70,0	50,0	663,1
5/jan/15	16:00:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	71,0	50,0	663,1
5/jan/15	16:15:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	84,0	50,0	663,1
5/jan/15	16:30:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	90,0	50,0	663,1
5/jan/15	16:45:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	63,0	50,0	663,1
5/jan/15	17:00:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	53,0	50,0	663,1
5/jan/15	17:15:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	49,0	50,0	663,1
5/jan/15	17:30:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	53,0	50,0	663,1
5/jan/15	17:45:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	33,0	50,0	663,1
5/jan/15	18:00:00	15,0	1,0	1000,0	203,6	27,0	50,0	663,1
5/jan/15	18:15:00	15,0	1,0	0,0	203,6	35,0	50,0	731,5
5/jan/15	18:30:00	15,0	1,0	0,0	203,6	20,0	50,0	731,5
5/jan/15	18:45:00	15,0	1,0	0,0	203,6	7,0	50,0	731,5
5/jan/15	19:00:00	15,0	1,0	0,0	203,6	7,0	50,0	731,5
5/jan/15	19:15:00	15,0	1,0	0,0	203,6	19,0	50,0	731,5
5/jan/15	19:30:00	15,0	1,0	0,0	203,6	11,0	50,0	731,5
5/jan/15	19:45:00	15,0	1,0	0,0	203,6	7,0	50,0	731,5
5/jan/15	20:00:00	15,0	1,0	0,0	203,6	11,0	50,0	731,5
5/jan/15	20:15:00	15,0	1,0	0,0	203,6	9,0	50,0	731,5
5/jan/15	20:30:00	15,0	1,0	0,0	203,6	5,0	50,0	731,5
5/jan/15	20:45:00	15,0	1,0	0,0	203,6	7,0	50,0	731,5
5/jan/15	21:00:00	15,0	1,0	0,0	203,6	11,0	50,0	731,5
5/jan/15	21:15:00	15,0	1,0	0,0	203,6	3,0	50,0	731,5
5/jan/15	21:30:00	15,0	1,0	0,0	203,6	8,0	50,0	731,5
5/jan/15	21:45:00	15,0	1,0	0,0	203,6	22,0	50,0	731,5
5/jan/15	22:00:00	15,0	1,0	0,0	203,6	25,0	50,0	731,5
5/jan/15	22:15:00	15,0	1,0	0,0	203,6	25,0	50,0	731,5
5/jan/15	22:30:00	15,0	1,0	0,0	203,6	22,0	50,0	731,5
5/jan/15	22:45:00	15,0	1,0	0,0	203,6	26,0	50,0	731,5
5/jan/15	23:00:00	15,0	1,0	0,0	203,6	25,0	50,0	731,5
5/jan/15	23:15:00	15,0	1,0	0,0	203,6	34,0	50,0	731,5
5/jan/15	23:30:00	15,0	1,0	0,0	203,6	51,0	50,0	731,5
5/jan/15	23:45:00	15,0	1,0	0,0	203,6	68,0	50,0	731,5

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V2 T2 R2 (150 kV)
Energia: 2885,5 MVAh
Máximo: 582,7 A
Mínimo: 409,9 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



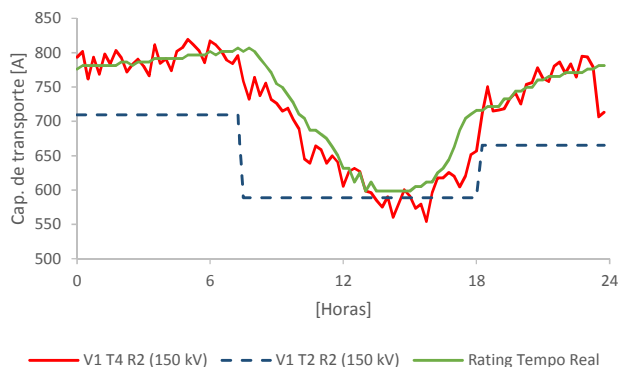
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T2	V2	R2				
3/jul/15	00:00:00	28,0	1,0	0,0	203,6	56,0	50,0	582,7
3/jul/15	00:15:00	28,0	1,0	0,0	203,6	63,0	50,0	582,7
3/jul/15	00:30:00	28,0	1,0	0,0	203,6	58,0	50,0	582,7
3/jul/15	00:45:00	28,0	1,0	0,0	203,6	67,0	50,0	582,7
3/jul/15	01:00:00	28,0	1,0	0,0	203,6	34,0	50,0	582,7
3/jul/15	01:15:00	28,0	1,0	0,0	203,6	36,0	50,0	582,7
3/jul/15	01:30:00	28,0	1,0	0,0	203,6	37,0	50,0	582,7
3/jul/15	01:45:00	28,0	1,0	0,0	203,6	63,0	50,0	582,7
3/jul/15	02:00:00	28,0	1,0	0,0	203,6	3,0	50,0	582,7
3/jul/15	02:15:00	28,0	1,0	0,0	203,6	14,0	50,0	582,7
3/jul/15	02:30:00	28,0	1,0	0,0	203,6	13,0	50,0	582,7
3/jul/15	02:45:00	28,0	1,0	0,0	203,6	24,0	50,0	582,7
3/jul/15	03:00:00	28,0	1,0	0,0	203,6	46,0	50,0	582,7
3/jul/15	03:15:00	28,0	1,0	0,0	203,6	27,0	50,0	582,7
3/jul/15	03:30:00	28,0	1,0	0,0	203,6	28,0	50,0	582,7
3/jul/15	03:45:00	28,0	1,0	0,0	203,6	20,0	50,0	582,7
3/jul/15	04:00:00	28,0	1,0	0,0	203,6	35,0	50,0	582,7
3/jul/15	04:15:00	28,0	1,0	0,0	203,6	25,0	50,0	582,7
3/jul/15	04:30:00	28,0	1,0	0,0	203,6	21,0	50,0	582,7
3/jul/15	04:45:00	28,0	1,0	0,0	203,6	27,0	50,0	582,7
3/jul/15	05:00:00	28,0	1,0	0,0	203,6	27,0	50,0	582,7
3/jul/15	05:15:00	28,0	1,0	0,0	203,6	15,0	50,0	582,7
3/jul/15	05:30:00	28,0	1,0	0,0	203,6	35,0	50,0	582,7
3/jul/15	05:45:00	28,0	1,0	0,0	203,6	47,0	50,0	582,7
3/jul/15	06:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	67,0	50,0	409,9
3/jul/15	06:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	84,0	50,0	409,9
3/jul/15	06:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	85,0	50,0	409,9
3/jul/15	06:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	79,0	50,0	409,9
3/jul/15	07:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	87,0	50,0	409,9
3/jul/15	07:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	83,0	50,0	409,9
3/jul/15	07:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	88,0	50,0	409,9
3/jul/15	07:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	75,0	50,0	409,9
3/jul/15	08:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	62,0	50,0	409,9
3/jul/15	08:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	70,0	50,0	409,9
3/jul/15	08:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	88,0	50,0	409,9
3/jul/15	08:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	89,0	50,0	409,9
3/jul/15	09:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	73,0	50,0	409,9
3/jul/15	09:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	71,0	50,0	409,9
3/jul/15	09:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	61,0	50,0	409,9
3/jul/15	09:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	61,0	50,0	409,9
3/jul/15	10:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	55,0	50,0	409,9
3/jul/15	10:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	48,0	50,0	409,9
3/jul/15	10:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	54,0	50,0	409,9
3/jul/15	10:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	58,0	50,0	409,9
3/jul/15	11:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	47,0	50,0	409,9
3/jul/15	11:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	36,0	50,0	409,9
3/jul/15	11:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	48,0	50,0	409,9
3/jul/15	11:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	52,0	50,0	409,9
3/jul/15	12:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	42,0	50,0	409,9
3/jul/15	12:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	54,0	50,0	409,9

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T2	V2	R2				
3/jul/15	12:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	54,0	50,0	409,9
3/jul/15	12:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	44,0	50,0	409,9
3/jul/15	13:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	54,0	50,0	409,9
3/jul/15	13:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	43,0	50,0	409,9
3/jul/15	13:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	44,0	50,0	409,9
3/jul/15	13:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	55,0	50,0	409,9
3/jul/15	14:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	54,0	50,0	409,9
3/jul/15	14:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	53,0	50,0	409,9
3/jul/15	14:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	46,0	50,0	409,9
3/jul/15	14:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	48,0	50,0	409,9
3/jul/15	15:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	52,0	50,0	409,9
3/jul/15	15:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	31,0	50,0	409,9
3/jul/15	15:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	24,0	50,0	409,9
3/jul/15	15:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	21,0	50,0	409,9
3/jul/15	16:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	24,0	50,0	409,9
3/jul/15	16:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	8,0	50,0	409,9
3/jul/15	16:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	6,0	50,0	409,9
3/jul/15	16:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	5,0	50,0	409,9
3/jul/15	17:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	4,0	50,0	409,9
3/jul/15	17:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	13,0	50,0	409,9
3/jul/15	17:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	1,0	50,0	409,9
3/jul/15	17:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	8,0	50,0	409,9
3/jul/15	18:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	3,0	50,0	409,9
3/jul/15	18:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	22,0	50,0	409,9
3/jul/15	18:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	10,0	50,0	409,9
3/jul/15	18:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	30,0	50,0	409,9
3/jul/15	19:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	29,0	50,0	409,9
3/jul/15	19:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	34,0	50,0	409,9
3/jul/15	19:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	42,0	50,0	409,9
3/jul/15	19:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	47,0	50,0	409,9
3/jul/15	20:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	46,0	50,0	409,9
3/jul/15	20:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	32,0	50,0	409,9
3/jul/15	20:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	36,0	50,0	409,9
3/jul/15	20:45:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	48,0	50,0	409,9
3/jul/15	21:00:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	35,0	50,0	409,9
3/jul/15	21:15:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	51,0	50,0	409,9
3/jul/15	21:30:00	33,0	1,0	1000,0	203,6	36,0	50,0	409,9
3/jul/15	21:45:00	33,0	1,0	0,0	203,6	42,0	50,0	513,2
3/jul/15	22:00:00	33,0	1,0	0,0	203,6	46,0	50,0	513,2
3/jul/15	22:15:00	33,0	1,0	0,0	203,6	37,0	50,0	513,2
3/jul/15	22:30:00	33,0	1,0	0,0	203,6	48,0	50,0	513,2
3/jul/15	22:45:00	33,0	1,0	0,0	203,6	45,0	50,0	513,2
3/jul/15	23:00:00	33,0	1,0	0,0	203,6	53,0	50,0	513,2
3/jul/15	23:15:00	33,0	1,0	0,0	203,6	47,0	50,0	513,2
3/jul/15	23:30:00	33,0	1,0	0,0	203,6	47,0	50,0	513,2
3/jul/15	23:45:00	33,0	1,0	0,0	203,6	48,0	50,0	513,2

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V1 T4 R2 (150 kV)
Energia: 4464,0 MVAh
Máximo: 819,3 A
Mínimo: 554,3 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



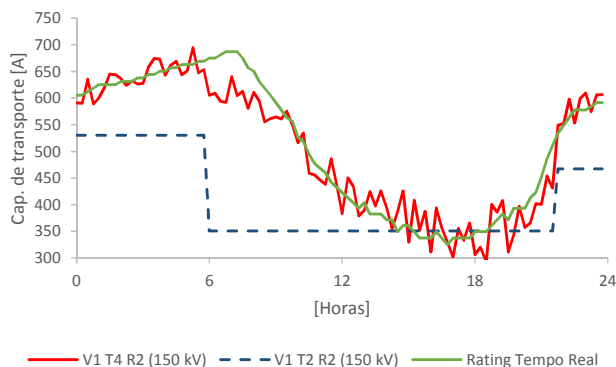
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R2				
5/jan/15	00:00:00	-0,5	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	793,5
5/jan/15	00:15:00	-1,6	0,6	0,0	203,6	28,0	50,0	801,8
5/jan/15	00:30:00	3,6	0,6	0,0	203,6	42,0	50,0	761,8
5/jan/15	00:45:00	-0,4	0,6	0,0	203,6	31,0	50,0	793,2
5/jan/15	01:00:00	2,8	0,6	0,0	203,6	33,0	50,0	768,8
5/jan/15	01:15:00	-1,1	0,6	0,0	203,6	33,0	50,0	797,8
5/jan/15	01:30:00	0,8	0,6	0,0	203,6	49,0	50,0	783,5
5/jan/15	01:45:00	-1,8	0,6	0,0	203,6	31,0	50,0	803,0
5/jan/15	02:00:00	-0,3	0,6	0,0	203,6	52,0	50,0	792,3
5/jan/15	02:15:00	2,4	0,6	0,0	203,6	42,0	50,0	771,7
5/jan/15	02:30:00	0,9	0,6	0,0	203,6	57,0	50,0	782,9
5/jan/15	02:45:00	-0,1	0,6	0,0	203,6	55,0	50,0	790,7
5/jan/15	03:00:00	1,2	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	780,8
5/jan/15	03:15:00	3,0	0,6	0,0	203,6	47,0	50,0	766,5
5/jan/15	03:30:00	-2,9	0,6	0,0	203,6	62,0	50,0	811,5
5/jan/15	03:45:00	0,7	0,6	0,0	203,6	61,0	50,0	784,6
5/jan/15	04:00:00	-0,2	0,6	0,0	203,6	49,0	50,0	791,0
5/jan/15	04:15:00	2,1	0,6	0,0	203,6	44,0	50,0	774,0
5/jan/15	04:30:00	-1,6	0,6	0,0	203,6	43,0	50,0	801,8
5/jan/15	04:45:00	-2,3	0,6	0,0	203,6	58,0	50,0	807,2
5/jan/15	05:00:00	-4,0	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	819,3
5/jan/15	05:15:00	-2,9	0,6	0,0	203,6	53,0	50,0	811,6
5/jan/15	05:30:00	-1,7	0,6	0,0	203,6	56,0	50,0	802,6
5/jan/15	05:45:00	0,6	0,6	0,0	203,6	56,0	50,0	785,5
5/jan/15	06:00:00	-3,7	0,6	0,0	203,6	30,0	50,0	817,2
5/jan/15	06:15:00	-2,9	0,6	0,0	203,6	39,0	50,0	811,5
5/jan/15	06:30:00	-1,7	0,6	0,0	203,6	42,0	50,0	802,7
5/jan/15	06:45:00	0,1	0,6	0,0	203,6	54,0	50,0	789,0
5/jan/15	07:00:00	0,8	0,6	0,0	203,6	49,0	50,0	784,0
5/jan/15	07:15:00	-0,8	0,6	0,0	203,6	43,0	50,0	795,7
5/jan/15	07:30:00	-3,9	0,6	1000,0	203,6	41,0	50,0	758,4
5/jan/15	07:45:00	-0,7	0,6	1000,0	203,6	45,0	50,0	732,4
5/jan/15	08:00:00	-4,6	0,6	1000,0	203,6	46,0	50,0	764,0
5/jan/15	08:15:00	-1,3	0,6	1000,0	203,6	41,0	50,0	737,3
5/jan/15	08:30:00	-3,6	0,6	1000,0	203,6	40,0	50,0	755,6
5/jan/15	08:45:00	-0,6	0,6	1000,0	203,6	53,0	50,0	731,6
5/jan/15	09:00:00	0,1	0,6	1000,0	203,6	39,0	50,0	726,3
5/jan/15	09:15:00	1,4	0,6	1000,0	203,6	41,0	50,0	715,1
5/jan/15	09:30:00	0,9	0,6	1000,0	203,6	36,0	50,0	719,5
5/jan/15	09:45:00	2,9	0,6	1000,0	203,6	49,0	50,0	703,0
5/jan/15	10:00:00	4,5	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	689,0
5/jan/15	10:15:00	9,3	0,6	1000,0	203,6	50,0	50,0	645,2
5/jan/15	10:30:00	10,0	0,6	1000,0	203,6	39,0	50,0	639,0
5/jan/15	10:45:00	7,3	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	664,1
5/jan/15	11:00:00	7,9	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	658,8
5/jan/15	11:15:00	9,9	0,6	1000,0	203,6	40,0	50,0	639,3
5/jan/15	11:30:00	8,8	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	650,0
5/jan/15	11:45:00	9,8	0,6	1000,0	203,6	38,0	50,0	640,7
5/jan/15	12:00:00	13,4	0,6	1000,0	203,6	29,0	50,0	605,6
5/jan/15	12:15:00	11,2	0,6	1000,0	203,6	41,0	50,0	627,2

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R2				
5/jan/15	12:30:00	10,7	0,6	1000,0	203,6	35,0	50,0	631,6
5/jan/15	12:45:00	11,2	0,6	1000,0	203,6	28,0	50,0	627,1
5/jan/15	13:00:00	14,1	0,6	1000,0	203,6	33,0	50,0	598,5
5/jan/15	13:15:00	14,3	0,6	1000,0	203,6	28,0	50,0	596,5
5/jan/15	13:30:00	15,4	0,6	1000,0	203,6	22,0	50,0	585,2
5/jan/15	13:45:00	16,3	0,6	1000,0	203,6	21,0	50,0	575,1
5/jan/15	14:00:00	14,9	0,6	1000,0	203,6	34,0	50,0	590,3
5/jan/15	14:15:00	17,7	0,6	1000,0	203,6	29,0	50,0	560,5
5/jan/15	14:30:00	15,8	0,6	1000,0	203,6	23,0	50,0	580,8
5/jan/15	14:45:00	13,9	0,6	1000,0	203,6	8,0	50,0	600,4
5/jan/15	15:00:00	14,7	0,6	1000,0	203,6	10,0	50,0	591,7
5/jan/15	15:15:00	16,5	0,6	1000,0	203,6	36,0	50,0	573,2
5/jan/15	15:30:00	15,9	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	579,7
5/jan/15	15:45:00	18,2	0,6	1000,0	203,6	70,0	50,0	554,3
5/jan/15	16:00:00	14,3	0,6	1000,0	203,6	71,0	50,0	596,2
5/jan/15	16:15:00	12,2	0,6	1000,0	203,6	84,0	50,0	617,6
5/jan/15	16:30:00	12,2	0,6	1000,0	203,6	90,0	50,0	617,8
5/jan/15	16:45:00	11,4	0,6	1000,0	203,6	63,0	50,0	625,6
5/jan/15	17:00:00	11,9	0,6	1000,0	203,6	53,0	50,0	620,1
5/jan/15	17:15:00	13,5	0,6	1000,0	203,6	49,0	50,0	604,8
5/jan/15	17:30:00	11,9	0,6	1000,0	203,6	53,0	50,0	620,3
5/jan/15	17:45:00	8,6	0,6	1000,0	203,6	33,0	50,0	651,6
5/jan/15	18:00:00	8,1	0,6	1000,0	203,6	27,0	50,0	656,8
5/jan/15	18:15:00	9,7	0,6	0,0	203,6	35,0	50,0	712,0
5/jan/15	18:30:00	5,1	0,6	0,0	203,6	20,0	50,0	750,5
5/jan/15	18:45:00	9,4	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	714,9
5/jan/15	19:00:00	9,2	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	716,4
5/jan/15	19:15:00	9,0	0,6	0,0	203,6	19,0	50,0	718,4
5/jan/15	19:30:00	7,3	0,6	0,0	203,6	11,0	50,0	732,6
5/jan/15	19:45:00	6,2	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	741,4
5/jan/15	20:00:00	8,2	0,6	0,0	203,6	11,0	50,0	725,1
5/jan/15	20:15:00	4,7	0,6	0,0	203,6	9,0	50,0	753,6
5/jan/15	20:30:00	4,3	0,6	0,0	203,6	5,0	50,0	756,6
5/jan/15	20:45:00	1,6	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	777,8
5/jan/15	21:00:00	3,5	0,6	0,0	203,6	11,0	50,0	762,7
5/jan/15	21:15:00	4,2	0,6	0,0	203,6	3,0	50,0	757,7
5/jan/15	21:30:00	1,3	0,6	0,0	203,6	8,0	50,0	780,1
5/jan/15	21:45:00	0,5	0,6	0,0	203,6	22,0	50,0	786,1
5/jan/15	22:00:00	2,6	0,6	0,0	203,6	25,0	50,0	770,2
5/jan/15	22:15:00	0,8	0,6	0,0	203,6	25,0	50,0	783,5
5/jan/15	22:30:00	3,3	0,6	0,0	203,6	22,0	50,0	764,4
5/jan/15	22:45:00	-0,6	0,6	0,0	203,6	26,0	50,0	794,7
5/jan/15	23:00:00	-0,5	0,6	0,0	203,6	25,0	50,0	793,6
5/jan/15	23:15:00	1,3	0,6	0,0	203,6	34,0	50,0	779,8
5/jan/15	23:30:00	10,3	0,6	0,0	203,6	51,0	50,0	706,8
5/jan/15	23:45:00	9,6	0,6	0,0	203,6	68,0	50,0	713,3

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V1 T4 R2 (150 kV)
Energia: 3144,6 MVAh
Máximo: 694,6 A
Mínimo: 293,8 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



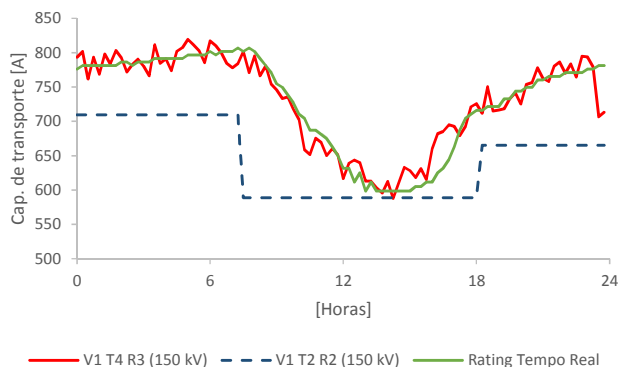
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R2				
3/jul/15	00:00:00	22,6	0,6	0,0	203,6	56,0	50,0	590,9
3/jul/15	00:15:00	22,6	0,6	0,0	203,6	63,0	50,0	590,5
3/jul/15	00:30:00	18,1	0,6	0,0	203,6	58,0	50,0	635,6
3/jul/15	00:45:00	22,7	0,6	0,0	203,6	67,0	50,0	589,3
3/jul/15	01:00:00	21,6	0,6	0,0	203,6	34,0	50,0	600,8
3/jul/15	01:15:00	19,8	0,6	0,0	203,6	36,0	50,0	619,3
3/jul/15	01:30:00	17,1	0,6	0,0	203,6	37,0	50,0	645,1
3/jul/15	01:45:00	17,3	0,6	0,0	203,6	63,0	50,0	644,0
3/jul/15	02:00:00	18,0	0,6	0,0	203,6	3,0	50,0	636,6
3/jul/15	02:15:00	19,3	0,6	0,0	203,6	14,0	50,0	624,3
3/jul/15	02:30:00	18,4	0,6	0,0	203,6	13,0	50,0	632,6
3/jul/15	02:45:00	19,1	0,6	0,0	203,6	24,0	50,0	626,5
3/jul/15	03:00:00	18,9	0,6	0,0	203,6	46,0	50,0	627,7
3/jul/15	03:15:00	15,8	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	658,2
3/jul/15	03:30:00	14,0	0,6	0,0	203,6	28,0	50,0	674,3
3/jul/15	03:45:00	14,1	0,6	0,0	203,6	20,0	50,0	673,3
3/jul/15	04:00:00	17,3	0,6	0,0	203,6	35,0	50,0	643,4
3/jul/15	04:15:00	15,4	0,6	0,0	203,6	25,0	50,0	661,6
3/jul/15	04:30:00	14,6	0,6	0,0	203,6	21,0	50,0	669,1
3/jul/15	04:45:00	17,3	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	643,5
3/jul/15	05:00:00	16,5	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	650,7
3/jul/15	05:15:00	11,7	0,6	0,0	203,6	15,0	50,0	694,6
3/jul/15	05:30:00	16,9	0,6	0,0	203,6	35,0	50,0	647,1
3/jul/15	05:45:00	16,3	0,6	0,0	203,6	47,0	50,0	653,4
3/jul/15	06:00:00	13,4	0,6	1000,0	203,6	67,0	50,0	605,4
3/jul/15	06:15:00	13,0	0,6	1000,0	203,6	84,0	50,0	609,2
3/jul/15	06:30:00	14,5	0,6	1000,0	203,6	85,0	50,0	593,8
3/jul/15	06:45:00	14,7	0,6	1000,0	203,6	79,0	50,0	592,3
3/jul/15	07:00:00	9,9	0,6	1000,0	203,6	87,0	50,0	640,0
3/jul/15	07:15:00	13,5	0,6	1000,0	203,6	83,0	50,0	604,7
3/jul/15	07:30:00	12,7	0,6	1000,0	203,6	88,0	50,0	612,5
3/jul/15	07:45:00	15,8	0,6	1000,0	203,6	75,0	50,0	581,0
3/jul/15	08:00:00	12,9	0,6	1000,0	203,6	62,0	50,0	610,5
3/jul/15	08:15:00	14,5	0,6	1000,0	203,6	70,0	50,0	594,6
3/jul/15	08:30:00	18,1	0,6	1000,0	203,6	88,0	50,0	555,3
3/jul/15	08:45:00	17,6	0,6	1000,0	203,6	89,0	50,0	561,4
3/jul/15	09:00:00	17,3	0,6	1000,0	203,6	73,0	50,0	564,5
3/jul/15	09:15:00	17,7	0,6	1000,0	203,6	71,0	50,0	560,7
3/jul/15	09:30:00	16,3	0,6	1000,0	203,6	61,0	50,0	575,4
3/jul/15	09:45:00	18,7	0,6	1000,0	203,6	61,0	50,0	548,7
3/jul/15	10:00:00	21,5	0,6	1000,0	203,6	55,0	50,0	516,3
3/jul/15	10:15:00	20,0	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	534,4
3/jul/15	10:30:00	26,0	0,6	1000,0	203,6	54,0	50,0	458,8
3/jul/15	10:45:00	26,2	0,6	1000,0	203,6	58,0	50,0	456,0
3/jul/15	11:00:00	27,0	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	446,1
3/jul/15	11:15:00	27,5	0,6	1000,0	203,6	36,0	50,0	438,5
3/jul/15	11:30:00	23,9	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	486,5
3/jul/15	11:45:00	27,6	0,6	1000,0	203,6	52,0	50,0	437,5
3/jul/15	12:00:00	31,1	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	383,3
3/jul/15	12:15:00	26,7	0,6	1000,0	203,6	54,0	50,0	450,2

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R2				
3/jul/15	12:30:00	27,8	0,6	1000,0	203,6	54,0	50,0	434,0
3/jul/15	12:45:00	31,4	0,6	1000,0	203,6	44,0	50,0	379,2
3/jul/15	13:00:00	30,7	0,6	1000,0	203,6	54,0	50,0	389,5
3/jul/15	13:15:00	28,4	0,6	1000,0	203,6	43,0	50,0	424,7
3/jul/15	13:30:00	30,2	0,6	1000,0	203,6	44,0	50,0	397,8
3/jul/15	13:45:00	28,4	0,6	1000,0	203,6	55,0	50,0	425,7
3/jul/15	14:00:00	30,4	0,6	1000,0	203,6	54,0	50,0	394,5
3/jul/15	14:15:00	32,8	0,6	1000,0	203,6	53,0	50,0	354,8
3/jul/15	14:30:00	30,9	0,6	1000,0	203,6	46,0	50,0	385,9
3/jul/15	14:45:00	28,4	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	426,0
3/jul/15	15:00:00	34,1	0,6	1000,0	203,6	52,0	50,0	329,8
3/jul/15	15:15:00	29,5	0,6	1000,0	203,6	31,0	50,0	408,4
3/jul/15	15:30:00	32,9	0,6	1000,0	203,6	24,0	50,0	352,1
3/jul/15	15:45:00	30,8	0,6	1000,0	203,6	21,0	50,0	387,6
3/jul/15	16:00:00	35,1	0,6	1000,0	203,6	24,0	50,0	311,4
3/jul/15	16:15:00	30,5	0,6	1000,0	203,6	8,0	50,0	393,8
3/jul/15	16:30:00	32,6	0,6	1000,0	203,6	6,0	50,0	357,4
3/jul/15	16:45:00	34,1	0,6	1000,0	203,6	5,0	50,0	329,8
3/jul/15	17:00:00	35,5	0,6	1000,0	203,6	4,0	50,0	301,9
3/jul/15	17:15:00	32,7	0,6	1000,0	203,6	13,0	50,0	355,7
3/jul/15	17:30:00	33,9	0,6	1000,0	203,6	1,0	50,0	333,6
3/jul/15	17:45:00	32,1	0,6	1000,0	203,6	8,0	50,0	365,8
3/jul/15	18:00:00	35,3	0,6	1000,0	203,6	3,0	50,0	306,1
3/jul/15	18:15:00	34,6	0,6	1000,0	203,6	22,0	50,0	319,9
3/jul/15	18:30:00	35,9	0,6	1000,0	203,6	10,0	50,0	293,8
3/jul/15	18:45:00	30,0	0,6	1000,0	203,6	30,0	50,0	400,7
3/jul/15	19:00:00	30,9	0,6	1000,0	203,6	29,0	50,0	386,1
3/jul/15	19:15:00	29,5	0,6	1000,0	203,6	34,0	50,0	408,1
3/jul/15	19:30:00	35,1	0,6	1000,0	203,6	42,0	50,0	311,0
3/jul/15	19:45:00	33,4	0,6	1000,0	203,6	47,0	50,0	342,8
3/jul/15	20:00:00	30,3	0,6	1000,0	203,6	46,0	50,0	396,9
3/jul/15	20:15:00	32,6	0,6	1000,0	203,6	32,0	50,0	357,2
3/jul/15	20:30:00	32,1	0,6	1000,0	203,6	36,0	50,0	365,8
3/jul/15	20:45:00	30,0	0,6	1000,0	203,6	48,0	50,0	401,8
3/jul/15	21:00:00	30,0	0,6	1000,0	203,6	35,0	50,0	400,5
3/jul/15	21:15:00	26,4	0,6	1000,0	203,6	51,0	50,0	453,9
3/jul/15	21:30:00	28,0	0,6	1000,0	203,6	36,0	50,0	431,4
3/jul/15	21:45:00	26,4	0,6	0,0	203,6	42,0	50,0	549,2
3/jul/15	22:00:00	26,1	0,6	0,0	203,6	46,0	50,0	552,8
3/jul/15	22:15:00	21,9	0,6	0,0	203,6	37,0	50,0	598,2
3/jul/15	22:30:00	26,0	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	553,1
3/jul/15	22:45:00	21,8	0,6	0,0	203,6	45,0	50,0	599,0
3/jul/15	23:00:00	20,8	0,6	0,0	203,6	53,0	50,0	609,4
3/jul/15	23:15:00	24,1	0,6	0,0	203,6	47,0	50,0	574,8
3/jul/15	23:30:00	21,1	0,6	0,0	203,6	47,0	50,0	605,8
3/jul/15	23:45:00	21,1	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	606,3

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V1 T4 R3 (150 kV)
Energia: 4553,3 MVAh
Máximo: 819,3 A
Mínimo: 587,7 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



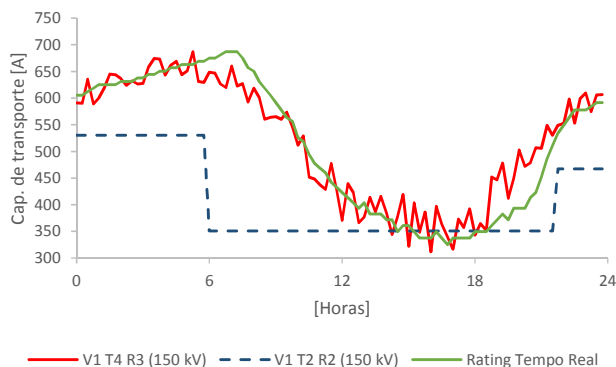
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R3				
5/jan/15	00:00:00	-0,5	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	793,5
5/jan/15	00:15:00	-1,6	0,6	0,0	203,6	28,0	50,0	801,8
5/jan/15	00:30:00	3,6	0,6	0,0	203,6	42,0	50,0	761,8
5/jan/15	00:45:00	-0,4	0,6	0,0	203,6	31,0	50,0	793,2
5/jan/15	01:00:00	2,8	0,6	0,0	203,6	33,0	50,0	768,8
5/jan/15	01:15:00	-1,1	0,6	0,0	203,6	33,0	50,0	797,8
5/jan/15	01:30:00	0,8	0,6	0,0	203,6	49,0	50,0	783,5
5/jan/15	01:45:00	-1,8	0,6	0,0	203,6	31,0	50,0	803,0
5/jan/15	02:00:00	-0,3	0,6	0,0	203,6	52,0	50,0	792,3
5/jan/15	02:15:00	2,4	0,6	0,0	203,6	42,0	50,0	771,7
5/jan/15	02:30:00	0,9	0,6	0,0	203,6	57,0	50,0	782,9
5/jan/15	02:45:00	-0,1	0,6	0,0	203,6	55,0	50,0	790,7
5/jan/15	03:00:00	1,2	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	780,8
5/jan/15	03:15:00	3,0	0,6	0,0	203,6	47,0	50,0	766,5
5/jan/15	03:30:00	-2,9	0,6	0,0	203,6	62,0	50,0	811,5
5/jan/15	03:45:00	0,7	0,6	0,0	203,6	61,0	50,0	784,6
5/jan/15	04:00:00	-0,2	0,6	0,0	203,6	49,0	50,0	791,0
5/jan/15	04:15:00	2,1	0,6	0,0	203,6	44,0	50,0	774,0
5/jan/15	04:30:00	-1,6	0,6	0,0	203,6	43,0	50,0	801,8
5/jan/15	04:45:00	-2,3	0,6	0,0	203,6	58,0	50,0	807,2
5/jan/15	05:00:00	-4,0	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	819,3
5/jan/15	05:15:00	-2,9	0,6	0,0	203,6	53,0	50,0	811,6
5/jan/15	05:30:00	-1,7	0,6	0,0	203,6	56,0	50,0	802,6
5/jan/15	05:45:00	0,6	0,6	0,0	203,6	56,0	50,0	785,5
5/jan/15	06:00:00	-3,7	0,6	0,0	203,6	30,0	50,0	817,2
5/jan/15	06:15:00	-2,9	0,6	24,2	203,6	39,0	50,0	810,0
5/jan/15	06:30:00	-1,7	0,6	48,5	203,6	42,0	50,0	799,9
5/jan/15	06:45:00	0,1	0,6	72,7	203,6	54,0	50,0	784,6
5/jan/15	07:00:00	0,8	0,6	97,0	203,6	49,0	50,0	778,1
5/jan/15	07:15:00	-0,8	0,6	195,2	203,6	43,0	50,0	783,9
5/jan/15	07:30:00	-3,9	0,6	293,5	203,6	41,0	50,0	801,6
5/jan/15	07:45:00	-0,7	0,6	391,7	203,6	45,0	50,0	771,0
5/jan/15	08:00:00	-4,6	0,6	489,9	203,6	46,0	50,0	795,2
5/jan/15	08:15:00	-1,3	0,6	542,6	203,6	41,0	50,0	766,3
5/jan/15	08:30:00	-3,6	0,6	595,3	203,6	40,0	50,0	780,7
5/jan/15	08:45:00	-0,6	0,6	648,0	203,6	53,0	50,0	754,2
5/jan/15	09:00:00	0,1	0,6	700,7	203,6	39,0	50,0	745,7
5/jan/15	09:15:00	1,4	0,6	727,0	203,6	41,0	50,0	733,1
5/jan/15	09:30:00	0,9	0,6	753,3	203,6	36,0	50,0	735,7
5/jan/15	09:45:00	2,9	0,6	779,6	203,6	49,0	50,0	717,8
5/jan/15	10:00:00	4,5	0,6	805,9	203,6	47,0	50,0	702,3
5/jan/15	10:15:00	9,3	0,6	817,3	203,6	50,0	50,0	658,6
5/jan/15	10:30:00	10,0	0,6	828,8	203,6	39,0	50,0	651,7
5/jan/15	10:45:00	7,3	0,6	840,2	203,6	47,0	50,0	675,5
5/jan/15	11:00:00	7,9	0,6	851,6	203,6	42,0	50,0	669,5
5/jan/15	11:15:00	9,9	0,6	852,3	203,6	40,0	50,0	650,2
5/jan/15	11:30:00	8,8	0,6	853,0	203,6	42,0	50,0	660,7
5/jan/15	11:45:00	9,8	0,6	853,7	203,6	38,0	50,0	651,5
5/jan/15	12:00:00	13,4	0,6	854,4	203,6	29,0	50,0	617,0
5/jan/15	12:15:00	11,2	0,6	844,6	203,6	41,0	50,0	638,9

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R3				
5/jan/15	12:30:00	10,7	0,6	834,8	203,6	35,0	50,0	644,0
5/jan/15	12:45:00	11,2	0,6	825,0	203,6	28,0	50,0	640,3
5/jan/15	13:00:00	14,1	0,6	815,2	203,6	33,0	50,0	613,1
5/jan/15	13:15:00	14,3	0,6	791,4	203,6	28,0	50,0	612,9
5/jan/15	13:30:00	15,4	0,6	767,6	203,6	22,0	50,0	603,8
5/jan/15	13:45:00	16,3	0,6	743,8	203,6	21,0	50,0	596,0
5/jan/15	14:00:00	14,9	0,6	720,0	203,6	34,0	50,0	612,5
5/jan/15	14:15:00	17,7	0,6	672,1	203,6	29,0	50,0	587,7
5/jan/15	14:30:00	15,8	0,6	624,2	203,6	23,0	50,0	610,9
5/jan/15	14:45:00	13,9	0,6	576,3	203,6	8,0	50,0	633,2
5/jan/15	15:00:00	14,7	0,6	528,4	203,6	10,0	50,0	628,6
5/jan/15	15:15:00	16,5	0,6	436,2	203,6	36,0	50,0	618,3
5/jan/15	15:30:00	15,9	0,6	344,1	203,6	48,0	50,0	631,4
5/jan/15	15:45:00	18,2	0,6	251,9	203,6	70,0	50,0	615,3
5/jan/15	16:00:00	14,3	0,6	159,8	203,6	71,0	50,0	660,0
5/jan/15	16:15:00	12,2	0,6	119,8	203,6	84,0	50,0	682,2
5/jan/15	16:30:00	12,2	0,6	79,9	203,6	90,0	50,0	685,2
5/jan/15	16:45:00	11,4	0,6	39,9	203,6	63,0	50,0	695,0
5/jan/15	17:00:00	11,9	0,6	0,0	203,6	53,0	50,0	692,7
5/jan/15	17:15:00	13,5	0,6	0,0	203,6	49,0	50,0	679,1
5/jan/15	17:30:00	11,9	0,6	0,0	203,6	53,0	50,0	692,9
5/jan/15	17:45:00	8,6	0,6	0,0	203,6	33,0	50,0	721,1
5/jan/15	18:00:00	8,1	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	725,8
5/jan/15	18:15:00	9,7	0,6	0,0	203,6	35,0	50,0	712,0
5/jan/15	18:30:00	5,1	0,6	0,0	203,6	20,0	50,0	750,5
5/jan/15	18:45:00	9,4	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	714,9
5/jan/15	19:00:00	9,2	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	716,4
5/jan/15	19:15:00	9,0	0,6	0,0	203,6	19,0	50,0	718,4
5/jan/15	19:30:00	7,3	0,6	0,0	203,6	11,0	50,0	732,6
5/jan/15	19:45:00	6,2	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	741,4
5/jan/15	20:00:00	8,2	0,6	0,0	203,6	11,0	50,0	725,1
5/jan/15	20:15:00	4,7	0,6	0,0	203,6	9,0	50,0	753,6
5/jan/15	20:30:00	4,3	0,6	0,0	203,6	5,0	50,0	756,6
5/jan/15	20:45:00	1,6	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	777,8
5/jan/15	21:00:00	3,5	0,6	0,0	203,6	11,0	50,0	762,7
5/jan/15	21:15:00	4,2	0,6	0,0	203,6	3,0	50,0	757,7
5/jan/15	21:30:00	1,3	0,6	0,0	203,6	8,0	50,0	780,1
5/jan/15	21:45:00	0,5	0,6	0,0	203,6	22,0	50,0	786,1
5/jan/15	22:00:00	2,6	0,6	0,0	203,6	25,0	50,0	770,2
5/jan/15	22:15:00	0,8	0,6	0,0	203,6	25,0	50,0	783,5
5/jan/15	22:30:00	3,3	0,6	0,0	203,6	22,0	50,0	764,4
5/jan/15	22:45:00	-0,6	0,6	0,0	203,6	26,0	50,0	794,7
5/jan/15	23:00:00	-0,5	0,6	0,0	203,6	25,0	50,0	793,6
5/jan/15	23:15:00	1,3	0,6	0,0	203,6	34,0	50,0	779,8
5/jan/15	23:30:00	10,3	0,6	0,0	203,6	51,0	50,0	706,8
5/jan/15	23:45:00	9,6	0,6	0,0	203,6	68,0	50,0	713,3

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V1 T4 R3 (150 kV)
Energia: 3231,4 MVAh
Máximo: 687,1 A
Mínimo: 311,7 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



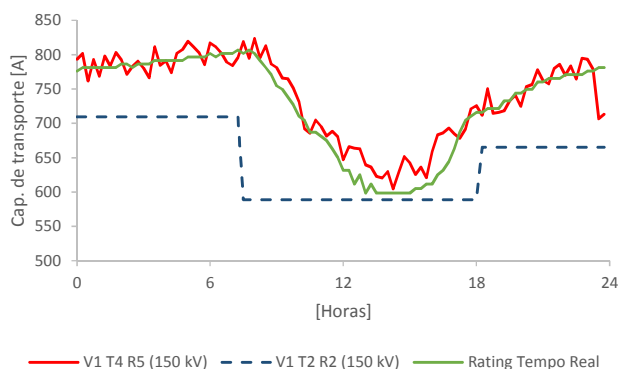
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R3				
3/jul/15	00:00:00	22,6	0,6	0,0	203,6	56,0	50,0	590,9
3/jul/15	00:15:00	22,6	0,6	0,0	203,6	63,0	50,0	590,5
3/jul/15	00:30:00	18,1	0,6	0,0	203,6	58,0	50,0	635,6
3/jul/15	00:45:00	22,7	0,6	0,0	203,6	67,0	50,0	589,3
3/jul/15	01:00:00	21,6	0,6	0,0	203,6	34,0	50,0	600,8
3/jul/15	01:15:00	19,8	0,6	0,0	203,6	36,0	50,0	619,3
3/jul/15	01:30:00	17,1	0,6	0,0	203,6	37,0	50,0	645,1
3/jul/15	01:45:00	17,3	0,6	0,0	203,6	63,0	50,0	644,0
3/jul/15	02:00:00	18,0	0,6	0,0	203,6	3,0	50,0	636,6
3/jul/15	02:15:00	19,3	0,6	0,0	203,6	14,0	50,0	624,3
3/jul/15	02:30:00	18,4	0,6	0,0	203,6	13,0	50,0	632,6
3/jul/15	02:45:00	19,1	0,6	0,0	203,6	24,0	50,0	626,5
3/jul/15	03:00:00	18,9	0,6	0,0	203,6	46,0	50,0	627,7
3/jul/15	03:15:00	15,8	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	658,2
3/jul/15	03:30:00	14,0	0,6	0,0	203,6	28,0	50,0	674,3
3/jul/15	03:45:00	14,1	0,6	0,0	203,6	20,0	50,0	673,3
3/jul/15	04:00:00	17,3	0,6	0,0	203,6	35,0	50,0	643,4
3/jul/15	04:15:00	15,4	0,6	0,0	203,6	25,0	50,0	661,6
3/jul/15	04:30:00	14,6	0,6	0,0	203,6	21,0	50,0	669,1
3/jul/15	04:45:00	17,3	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	643,5
3/jul/15	05:00:00	16,5	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	650,7
3/jul/15	05:15:00	11,7	0,6	108,1	203,6	15,0	50,0	687,1
3/jul/15	05:30:00	16,9	0,6	216,1	203,6	35,0	50,0	631,0
3/jul/15	05:45:00	16,3	0,6	324,2	203,6	47,0	50,0	629,3
3/jul/15	06:00:00	13,4	0,6	432,2	203,6	67,0	50,0	648,6
3/jul/15	06:15:00	13,0	0,6	506,4	203,6	84,0	50,0	646,7
3/jul/15	06:30:00	14,5	0,6	580,6	203,6	85,0	50,0	626,6
3/jul/15	06:45:00	14,7	0,6	654,8	203,6	79,0	50,0	619,5
3/jul/15	07:00:00	9,9	0,6	729,1	203,6	87,0	50,0	659,8
3/jul/15	07:15:00	13,5	0,6	770,5	203,6	83,0	50,0	622,6
3/jul/15	07:30:00	12,7	0,6	811,9	203,6	88,0	50,0	627,0
3/jul/15	07:45:00	15,8	0,6	853,3	203,6	75,0	50,0	592,9
3/jul/15	08:00:00	12,9	0,6	894,8	203,6	62,0	50,0	618,7
3/jul/15	08:15:00	14,5	0,6	919,0	203,6	70,0	50,0	601,1
3/jul/15	08:30:00	18,1	0,6	943,3	203,6	88,0	50,0	560,2
3/jul/15	08:45:00	17,6	0,6	967,6	203,6	89,0	50,0	564,1
3/jul/15	09:00:00	17,3	0,6	991,8	203,6	73,0	50,0	565,2
3/jul/15	09:15:00	17,7	0,6	1006,4	203,6	71,0	50,0	560,2
3/jul/15	09:30:00	16,3	0,6	1020,9	203,6	61,0	50,0	573,7
3/jul/15	09:45:00	18,7	0,6	1035,4	203,6	61,0	50,0	545,6
3/jul/15	10:00:00	21,5	0,6	1050,0	203,6	55,0	50,0	511,7
3/jul/15	10:15:00	20,0	0,6	1058,3	203,6	48,0	50,0	529,1
3/jul/15	10:30:00	26,0	0,6	1066,6	203,6	54,0	50,0	451,8
3/jul/15	10:45:00	26,2	0,6	1075,0	203,6	58,0	50,0	448,0
3/jul/15	11:00:00	27,0	0,6	1083,3	203,6	47,0	50,0	437,1
3/jul/15	11:15:00	27,5	0,6	1087,2	203,6	36,0	50,0	428,9
3/jul/15	11:30:00	23,9	0,6	1091,1	203,6	48,0	50,0	477,5
3/jul/15	11:45:00	27,6	0,6	1095,0	203,6	52,0	50,0	427,0
3/jul/15	12:00:00	31,1	0,6	1098,9	203,6	42,0	50,0	370,8
3/jul/15	12:15:00	26,7	0,6	1099,0	203,6	54,0	50,0	439,5

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R3				
3/jul/15	12:30:00	27,8	0,6	1099,2	203,6	54,0	50,0	423,0
3/jul/15	12:45:00	31,4	0,6	1099,4	203,6	44,0	50,0	366,5
3/jul/15	13:00:00	30,7	0,6	1099,5	203,6	54,0	50,0	377,1
3/jul/15	13:15:00	28,4	0,6	1096,0	203,6	43,0	50,0	413,8
3/jul/15	13:30:00	30,2	0,6	1092,5	203,6	44,0	50,0	386,6
3/jul/15	13:45:00	28,4	0,6	1089,0	203,6	55,0	50,0	415,6
3/jul/15	14:00:00	30,4	0,6	1085,4	203,6	54,0	50,0	384,0
3/jul/15	14:15:00	32,8	0,6	1077,5	203,6	53,0	50,0	344,2
3/jul/15	14:30:00	30,9	0,6	1069,7	203,6	46,0	50,0	377,2
3/jul/15	14:45:00	28,4	0,6	1061,8	203,6	48,0	50,0	419,0
3/jul/15	15:00:00	34,1	0,6	1053,9	203,6	52,0	50,0	321,9
3/jul/15	15:15:00	29,5	0,6	1040,0	203,6	31,0	50,0	403,7
3/jul/15	15:30:00	32,9	0,6	1026,2	203,6	24,0	50,0	348,5
3/jul/15	15:45:00	30,8	0,6	1012,3	203,6	21,0	50,0	386,0
3/jul/15	16:00:00	35,1	0,6	998,5	203,6	24,0	50,0	311,7
3/jul/15	16:15:00	30,5	0,6	975,3	203,6	8,0	50,0	396,8
3/jul/15	16:30:00	32,6	0,6	952,2	203,6	6,0	50,0	363,8
3/jul/15	16:45:00	34,1	0,6	929,0	203,6	5,0	50,0	339,9
3/jul/15	17:00:00	35,5	0,6	905,9	203,6	4,0	50,0	316,4
3/jul/15	17:15:00	32,7	0,6	866,5	203,6	13,0	50,0	373,1
3/jul/15	17:30:00	33,9	0,6	827,1	203,6	1,0	50,0	357,5
3/jul/15	17:45:00	32,1	0,6	787,8	203,6	8,0	50,0	392,5
3/jul/15	18:00:00	35,3	0,6	748,4	203,6	3,0	50,0	343,1
3/jul/15	18:15:00	34,6	0,6	678,1	203,6	22,0	50,0	364,7
3/jul/15	18:30:00	35,9	0,6	607,8	203,6	10,0	50,0	351,8
3/jul/15	18:45:00	30,0	0,6	537,5	203,6	30,0	50,0	452,4
3/jul/15	19:00:00	30,9	0,6	467,2	203,6	29,0	50,0	447,1
3/jul/15	19:15:00	29,5	0,6	350,4	203,6	34,0	50,0	478,1
3/jul/15	19:30:00	35,1	0,6	233,6	203,6	42,0	50,0	412,1
3/jul/15	19:45:00	33,4	0,6	116,8	203,6	47,0	50,0	449,2
3/jul/15	20:00:00	30,3	0,6	0,0	203,6	46,0	50,0	502,9
3/jul/15	20:15:00	32,6	0,6	0,0	203,6	32,0	50,0	472,3
3/jul/15	20:30:00	32,1	0,6	0,0	203,6	36,0	50,0	478,8
3/jul/15	20:45:00	30,0	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	506,8
3/jul/15	21:00:00	30,0	0,6	0,0	203,6	35,0	50,0	505,8
3/jul/15	21:15:00	26,4	0,6	0,0	203,6	51,0	50,0	549,0
3/jul/15	21:30:00	28,0	0,6	0,0	203,6	36,0	50,0	530,6
3/jul/15	21:45:00	26,4	0,6	0,0	203,6	42,0	50,0	549,2
3/jul/15	22:00:00	26,1	0,6	0,0	203,6	46,0	50,0	552,8
3/jul/15	22:15:00	21,9	0,6	0,0	203,6	37,0	50,0	598,2
3/jul/15	22:30:00	26,0	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	553,1
3/jul/15	22:45:00	21,8	0,6	0,0	203,6	45,0	50,0	599,0
3/jul/15	23:00:00	20,8	0,6	0,0	203,6	53,0	50,0	609,4
3/jul/15	23:15:00	24,1	0,6	0,0	203,6	47,0	50,0	574,8
3/jul/15	23:30:00	21,1	0,6	0,0	203,6	47,0	50,0	605,8
3/jul/15	23:45:00	21,1	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	606,3

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V1 T4 R5 (150 kV)
Energia: 4607,8 MVAh
Máximo: 823,5 A
Mínimo: 604,5 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



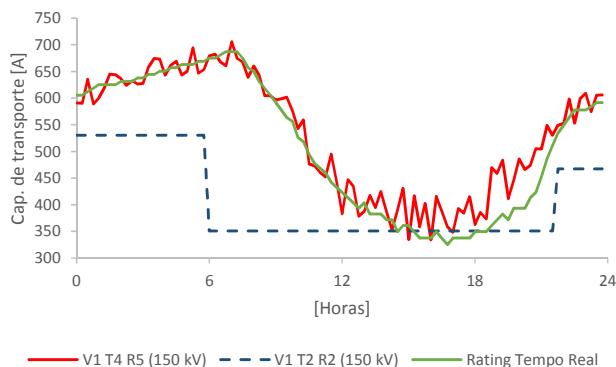
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R5				
5/jan/15	00:00:00	-0,5	0,6	2,1	203,6	27,0	50,0	793,3
5/jan/15	00:15:00	-1,6	0,6	2,3	203,6	28,0	50,0	801,6
5/jan/15	00:30:00	3,6	0,6	2,3	203,6	42,0	50,0	761,7
5/jan/15	00:45:00	-0,4	0,6	2,1	203,6	31,0	50,0	793,0
5/jan/15	01:00:00	2,8	0,6	2,1	203,6	33,0	50,0	768,6
5/jan/15	01:15:00	-1,1	0,6	0,0	203,6	33,0	50,0	797,8
5/jan/15	01:30:00	0,8	0,6	0,0	203,6	49,0	50,0	783,5
5/jan/15	01:45:00	-1,8	0,6	1,6	203,6	31,0	50,0	802,9
5/jan/15	02:00:00	-0,3	0,6	1,6	203,6	52,0	50,0	792,2
5/jan/15	02:15:00	2,4	0,6	0,9	203,6	42,0	50,0	771,7
5/jan/15	02:30:00	0,9	0,6	0,9	203,6	57,0	50,0	782,9
5/jan/15	02:45:00	-0,1	0,6	1,4	203,6	55,0	50,0	790,7
5/jan/15	03:00:00	1,2	0,6	1,4	203,6	48,0	50,0	780,7
5/jan/15	03:15:00	3,0	0,6	1,4	203,6	47,0	50,0	766,4
5/jan/15	03:30:00	-2,9	0,6	1,4	203,6	62,0	50,0	811,5
5/jan/15	03:45:00	0,7	0,6	0,2	203,6	61,0	50,0	784,6
5/jan/15	04:00:00	-0,2	0,6	0,2	203,6	49,0	50,0	791,0
5/jan/15	04:15:00	2,1	0,6	1,6	203,6	44,0	50,0	773,9
5/jan/15	04:30:00	-1,6	0,6	1,6	203,6	43,0	50,0	801,7
5/jan/15	04:45:00	-2,3	0,6	0,9	203,6	58,0	50,0	807,1
5/jan/15	05:00:00	-4,0	0,6	0,9	203,6	48,0	50,0	819,2
5/jan/15	05:15:00	-2,9	0,6	1,6	203,6	53,0	50,0	811,5
5/jan/15	05:30:00	-1,7	0,6	1,6	203,6	56,0	50,0	802,5
5/jan/15	05:45:00	0,6	0,6	1,6	203,6	56,0	50,0	785,4
5/jan/15	06:00:00	-3,7	0,6	1,6	203,6	30,0	50,0	817,1
5/jan/15	06:15:00	-2,9	0,6	1,6	203,6	39,0	50,0	811,4
5/jan/15	06:30:00	-1,7	0,6	1,6	203,6	42,0	50,0	802,6
5/jan/15	06:45:00	0,1	0,6	0,2	203,6	54,0	50,0	789,0
5/jan/15	07:00:00	0,8	0,6	0,2	203,6	49,0	50,0	784,0
5/jan/15	07:15:00	-0,8	0,6	0,2	203,6	43,0	50,0	795,7
5/jan/15	07:30:00	-3,9	0,6	0,2	203,6	41,0	50,0	818,9
5/jan/15	07:45:00	-0,7	0,6	1,4	203,6	45,0	50,0	794,8
5/jan/15	08:00:00	-4,6	0,6	9,8	203,6	46,0	50,0	823,5
5/jan/15	08:15:00	-1,3	0,6	73,0	203,6	41,0	50,0	795,0
5/jan/15	08:30:00	-3,6	0,6	59,5	203,6	40,0	50,0	812,8
5/jan/15	08:45:00	-0,6	0,6	128,5	203,6	53,0	50,0	786,4
5/jan/15	09:00:00	0,1	0,6	135,6	203,6	39,0	50,0	781,0
5/jan/15	09:15:00	1,4	0,6	215,1	203,6	41,0	50,0	765,7
5/jan/15	09:30:00	0,9	0,6	289,5	203,6	36,0	50,0	765,1
5/jan/15	09:45:00	2,9	0,6	263,1	203,6	49,0	50,0	751,4
5/jan/15	10:00:00	4,5	0,6	368,2	203,6	47,0	50,0	731,5
5/jan/15	10:15:00	9,3	0,6	338,3	203,6	50,0	50,0	692,4
5/jan/15	10:30:00	10,0	0,6	354,4	203,6	39,0	50,0	685,5
5/jan/15	10:45:00	7,3	0,6	418,7	203,6	47,0	50,0	704,7
5/jan/15	11:00:00	7,9	0,6	480,2	203,6	42,0	50,0	695,4
5/jan/15	11:15:00	9,9	0,6	417,7	203,6	40,0	50,0	681,4
5/jan/15	11:30:00	8,8	0,6	459,7	203,6	42,0	50,0	688,5
5/jan/15	11:45:00	9,8	0,6	451,1	203,6	38,0	50,0	680,4
5/jan/15	12:00:00	13,4	0,6	458,1	203,6	29,0	50,0	646,9
5/jan/15	12:15:00	11,2	0,6	469,9	203,6	41,0	50,0	666,3

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R5				
5/jan/15	12:30:00	10,7	0,6	561,2	203,6	35,0	50,0	664,0
5/jan/15	12:45:00	11,2	0,6	514,0	203,6	28,0	50,0	663,0
5/jan/15	13:00:00	14,1	0,6	468,9	203,6	33,0	50,0	639,4
5/jan/15	13:15:00	14,3	0,6	486,2	203,6	28,0	50,0	636,2
5/jan/15	13:30:00	15,4	0,6	524,1	203,6	22,0	50,0	622,8
5/jan/15	13:45:00	16,3	0,6	433,2	203,6	21,0	50,0	620,4
5/jan/15	14:00:00	14,9	0,6	493,1	203,6	34,0	50,0	629,9
5/jan/15	14:15:00	17,7	0,6	462,8	203,6	29,0	50,0	604,5
5/jan/15	14:30:00	15,8	0,6	385,1	203,6	23,0	50,0	629,3
5/jan/15	14:45:00	13,9	0,6	325,6	203,6	8,0	50,0	651,8
5/jan/15	15:00:00	14,7	0,6	341,7	203,6	10,0	50,0	642,6
5/jan/15	15:15:00	16,5	0,6	343,0	203,6	36,0	50,0	625,5
5/jan/15	15:30:00	15,9	0,6	280,0	203,6	48,0	50,0	636,2
5/jan/15	15:45:00	18,2	0,6	180,7	203,6	70,0	50,0	620,8
5/jan/15	16:00:00	14,3	0,6	168,6	203,6	71,0	50,0	659,3
5/jan/15	16:15:00	12,2	0,6	102,8	203,6	84,0	50,0	683,4
5/jan/15	16:30:00	12,2	0,6	65,8	203,6	90,0	50,0	686,2
5/jan/15	16:45:00	11,4	0,6	67,3	203,6	63,0	50,0	693,1
5/jan/15	17:00:00	11,9	0,6	114,2	203,6	53,0	50,0	684,8
5/jan/15	17:15:00	13,5	0,6	13,6	203,6	49,0	50,0	678,2
5/jan/15	17:30:00	11,9	0,6	13,6	203,6	53,0	50,0	692,0
5/jan/15	17:45:00	8,6	0,6	3,5	203,6	33,0	50,0	720,9
5/jan/15	18:00:00	8,1	0,6	3,5	203,6	27,0	50,0	725,6
5/jan/15	18:15:00	9,7	0,6	2,8	203,6	35,0	50,0	711,8
5/jan/15	18:30:00	5,1	0,6	2,8	203,6	20,0	50,0	750,3
5/jan/15	18:45:00	9,4	0,6	3,2	203,6	7,0	50,0	714,7
5/jan/15	19:00:00	9,2	0,6	3,2	203,6	7,0	50,0	716,2
5/jan/15	19:15:00	9,0	0,6	0,9	203,6	19,0	50,0	718,4
5/jan/15	19:30:00	7,3	0,6	0,9	203,6	11,0	50,0	732,6
5/jan/15	19:45:00	6,2	0,6	1,8	203,6	7,0	50,0	741,3
5/jan/15	20:00:00	8,2	0,6	1,8	203,6	11,0	50,0	725,0
5/jan/15	20:15:00	4,7	0,6	3,0	203,6	9,0	50,0	753,4
5/jan/15	20:30:00	4,3	0,6	3,0	203,6	5,0	50,0	756,4
5/jan/15	20:45:00	1,6	0,6	0,5	203,6	7,0	50,0	777,8
5/jan/15	21:00:00	3,5	0,6	0,5	203,6	11,0	50,0	762,7
5/jan/15	21:15:00	4,2	0,6	2,8	203,6	3,0	50,0	757,6
5/jan/15	21:30:00	1,3	0,6	2,8	203,6	8,0	50,0	779,9
5/jan/15	21:45:00	0,5	0,6	2,8	203,6	22,0	50,0	785,9
5/jan/15	22:00:00	2,6	0,6	2,8	203,6	25,0	50,0	770,1
5/jan/15	22:15:00	0,8	0,6	1,4	203,6	25,0	50,0	783,4
5/jan/15	22:30:00	3,3	0,6	1,4	203,6	22,0	50,0	764,3
5/jan/15	22:45:00	-0,6	0,6	2,3	203,6	26,0	50,0	794,5
5/jan/15	23:00:00	-0,5	0,6	2,3	203,6	25,0	50,0	793,5
5/jan/15	23:15:00	1,3	0,6	4,1	203,6	34,0	50,0	779,5
5/jan/15	23:30:00	10,3	0,6	4,1	203,6	51,0	50,0	706,6
5/jan/15	23:45:00	9,6	0,6	2,8	203,6	68,0	50,0	713,2

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V1 T4 R5 (150 kV)
Energia: 3313,9 MVAh
Máximo: 705,6 A
Mínimo: 334,2 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



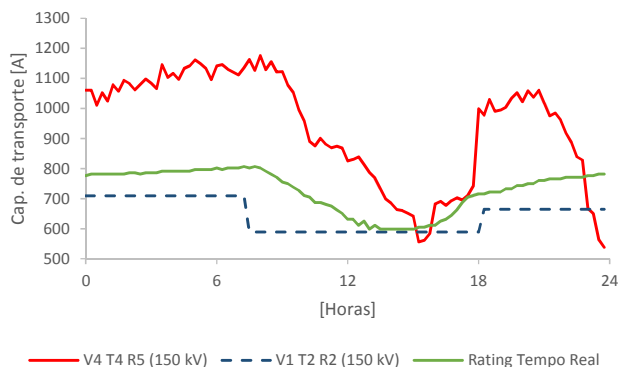
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R5				
3/jul/15	00:00:00	22,6	0,6	1,4	203,6	56,0	50,0	590,8
3/jul/15	00:15:00	22,6	0,6	2,8	203,6	63,0	50,0	590,2
3/jul/15	00:30:00	18,1	0,6	2,8	203,6	58,0	50,0	635,4
3/jul/15	00:45:00	22,7	0,6	1,4	203,6	67,0	50,0	589,2
3/jul/15	01:00:00	21,6	0,6	1,4	203,6	34,0	50,0	600,7
3/jul/15	01:15:00	19,8	0,6	1,2	203,6	36,0	50,0	619,2
3/jul/15	01:30:00	17,1	0,6	1,2	203,6	37,0	50,0	645,1
3/jul/15	01:45:00	17,3	0,6	1,2	203,6	63,0	50,0	643,9
3/jul/15	02:00:00	18,0	0,6	1,2	203,6	3,0	50,0	636,5
3/jul/15	02:15:00	19,3	0,6	1,2	203,6	14,0	50,0	624,2
3/jul/15	02:30:00	18,4	0,6	1,2	203,6	13,0	50,0	632,5
3/jul/15	02:45:00	19,1	0,6	2,5	203,6	24,0	50,0	626,3
3/jul/15	03:00:00	18,9	0,6	2,5	203,6	46,0	50,0	627,5
3/jul/15	03:15:00	15,8	0,6	0,9	203,6	27,0	50,0	658,1
3/jul/15	03:30:00	14,0	0,6	0,9	203,6	28,0	50,0	674,3
3/jul/15	03:45:00	14,1	0,6	2,8	203,6	20,0	50,0	673,1
3/jul/15	04:00:00	17,3	0,6	2,8	203,6	35,0	50,0	643,2
3/jul/15	04:15:00	15,4	0,6	0,7	203,6	25,0	50,0	661,5
3/jul/15	04:30:00	14,6	0,6	0,7	203,6	21,0	50,0	669,1
3/jul/15	04:45:00	17,3	0,6	0,7	203,6	27,0	50,0	643,5
3/jul/15	05:00:00	16,5	0,6	0,7	203,6	27,0	50,0	650,7
3/jul/15	05:15:00	11,7	0,6	3,0	203,6	15,0	50,0	694,4
3/jul/15	05:30:00	16,9	0,6	3,0	203,6	35,0	50,0	646,9
3/jul/15	05:45:00	16,3	0,6	3,0	203,6	47,0	50,0	653,2
3/jul/15	06:00:00	13,4	0,6	3,0	203,6	67,0	50,0	679,5
3/jul/15	06:15:00	13,0	0,6	8,1	203,6	84,0	50,0	682,5
3/jul/15	06:30:00	14,5	0,6	23,0	203,6	85,0	50,0	667,7
3/jul/15	06:45:00	14,7	0,6	99,2	203,6	79,0	50,0	660,9
3/jul/15	07:00:00	9,9	0,6	73,7	203,6	87,0	50,0	705,6
3/jul/15	07:15:00	13,5	0,6	64,0	203,6	83,0	50,0	674,5
3/jul/15	07:30:00	12,7	0,6	255,8	203,6	88,0	50,0	668,0
3/jul/15	07:45:00	15,8	0,6	258,5	203,6	75,0	50,0	639,0
3/jul/15	08:00:00	12,9	0,6	338,3	203,6	62,0	50,0	660,2
3/jul/15	08:15:00	14,5	0,6	377,8	203,6	70,0	50,0	642,6
3/jul/15	08:30:00	18,1	0,6	402,1	203,6	88,0	50,0	604,5
3/jul/15	08:45:00	17,6	0,6	475,6	203,6	89,0	50,0	604,3
3/jul/15	09:00:00	17,3	0,6	614,6	203,6	73,0	50,0	596,2
3/jul/15	09:15:00	17,7	0,6	535,3	203,6	71,0	50,0	599,0
3/jul/15	09:30:00	16,3	0,6	671,2	203,6	61,0	50,0	602,1
3/jul/15	09:45:00	18,7	0,6	675,4	203,6	61,0	50,0	576,3
3/jul/15	10:00:00	21,5	0,6	707,4	203,6	55,0	50,0	542,7
3/jul/15	10:15:00	20,0	0,6	715,5	203,6	48,0	50,0	559,2
3/jul/15	10:30:00	26,0	0,6	828,9	203,6	54,0	50,0	476,3
3/jul/15	10:45:00	26,2	0,6	834,4	203,6	58,0	50,0	473,0
3/jul/15	11:00:00	27,0	0,6	862,7	203,6	47,0	50,0	460,6
3/jul/15	11:15:00	27,5	0,6	873,6	203,6	36,0	50,0	452,0
3/jul/15	11:30:00	23,9	0,6	914,0	203,6	48,0	50,0	494,9
3/jul/15	11:45:00	27,6	0,6	953,5	203,6	52,0	50,0	442,5
3/jul/15	12:00:00	31,1	0,6	1002,9	203,6	42,0	50,0	383,0
3/jul/15	12:15:00	26,7	0,6	1030,3	203,6	54,0	50,0	446,9

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V1	R5				
3/jul/15	12:30:00	27,8	0,6	1000,3	203,6	54,0	50,0	434,0
3/jul/15	12:45:00	31,4	0,6	1004,7	203,6	44,0	50,0	378,6
3/jul/15	13:00:00	30,7	0,6	1015,2	203,6	54,0	50,0	387,6
3/jul/15	13:15:00	28,4	0,6	1066,6	203,6	43,0	50,0	417,1
3/jul/15	13:30:00	30,2	0,6	1024,2	203,6	44,0	50,0	394,9
3/jul/15	13:45:00	28,4	0,6	1009,8	203,6	55,0	50,0	424,6
3/jul/15	14:00:00	30,4	0,6	1070,0	203,6	54,0	50,0	385,9
3/jul/15	14:15:00	32,8	0,6	1016,3	203,6	53,0	50,0	352,6
3/jul/15	14:30:00	30,9	0,6	970,4	203,6	46,0	50,0	389,6
3/jul/15	14:45:00	28,4	0,6	959,4	203,6	48,0	50,0	430,5
3/jul/15	15:00:00	34,1	0,6	967,7	203,6	52,0	50,0	334,4
3/jul/15	15:15:00	29,5	0,6	926,7	203,6	31,0	50,0	416,9
3/jul/15	15:30:00	32,9	0,6	953,4	203,6	24,0	50,0	358,3
3/jul/15	15:45:00	30,8	0,6	877,1	203,6	21,0	50,0	402,4
3/jul/15	16:00:00	35,1	0,6	845,7	203,6	24,0	50,0	334,2
3/jul/15	16:15:00	30,5	0,6	814,8	203,6	8,0	50,0	415,7
3/jul/15	16:30:00	32,6	0,6	755,9	203,6	6,0	50,0	388,6
3/jul/15	16:45:00	34,1	0,6	791,8	203,6	5,0	50,0	358,7
3/jul/15	17:00:00	35,5	0,6	684,9	203,6	4,0	50,0	348,1
3/jul/15	17:15:00	32,7	0,6	708,1	203,6	13,0	50,0	392,9
3/jul/15	17:30:00	33,9	0,6	617,1	203,6	1,0	50,0	384,5
3/jul/15	17:45:00	32,1	0,6	597,9	203,6	8,0	50,0	415,0
3/jul/15	18:00:00	35,3	0,6	603,6	203,6	3,0	50,0	362,6
3/jul/15	18:15:00	34,6	0,6	514,9	203,6	22,0	50,0	385,5
3/jul/15	18:30:00	35,9	0,6	439,7	203,6	10,0	50,0	373,9
3/jul/15	18:45:00	30,0	0,6	371,4	203,6	30,0	50,0	469,6
3/jul/15	19:00:00	30,9	0,6	353,4	203,6	29,0	50,0	459,1
3/jul/15	19:15:00	29,5	0,6	296,5	203,6	34,0	50,0	483,4
3/jul/15	19:30:00	35,1	0,6	241,7	203,6	42,0	50,0	411,2
3/jul/15	19:45:00	33,4	0,6	148,0	203,6	47,0	50,0	445,9
3/jul/15	20:00:00	30,3	0,6	176,2	203,6	46,0	50,0	485,9
3/jul/15	20:15:00	32,6	0,6	62,5	203,6	32,0	50,0	465,9
3/jul/15	20:30:00	32,1	0,6	47,6	203,6	36,0	50,0	474,0
3/jul/15	20:45:00	30,0	0,6	15,2	203,6	48,0	50,0	505,3
3/jul/15	21:00:00	30,0	0,6	15,2	203,6	35,0	50,0	504,3
3/jul/15	21:15:00	26,4	0,6	4,4	203,6	51,0	50,0	548,7
3/jul/15	21:30:00	28,0	0,6	4,4	203,6	36,0	50,0	530,2
3/jul/15	21:45:00	26,4	0,6	1,8	203,6	42,0	50,0	549,0
3/jul/15	22:00:00	26,1	0,6	1,8	203,6	46,0	50,0	552,6
3/jul/15	22:15:00	21,9	0,6	1,8	203,6	37,0	50,0	598,0
3/jul/15	22:30:00	26,0	0,6	1,8	203,6	48,0	50,0	553,0
3/jul/15	22:45:00	21,8	0,6	4,4	203,6	45,0	50,0	598,7
3/jul/15	23:00:00	20,8	0,6	4,4	203,6	53,0	50,0	609,0
3/jul/15	23:15:00	24,1	0,6	2,3	203,6	47,0	50,0	574,6
3/jul/15	23:30:00	21,1	0,6	2,3	203,6	47,0	50,0	605,6
3/jul/15	23:45:00	21,1	0,6	1,8	203,6	48,0	50,0	606,2

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V4 T4 R5 (150 kV)
Energia: 5859,6 MVAh
Máximo: 1175,6 A
Mínimo: 538,2 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



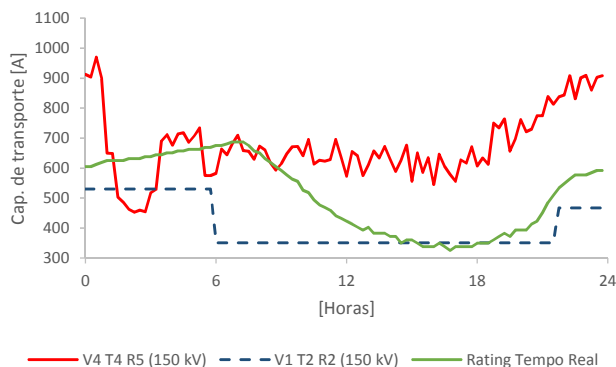
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V4	R5				
5/jan/15	00:00:00	-0,5	2,7	2,1	203,6	27,0	50,0	1061,1
5/jan/15	00:15:00	-1,6	2,5	2,3	203,6	28,0	50,0	1060,9
5/jan/15	00:30:00	3,6	2,6	2,3	203,6	42,0	50,0	1011,1
5/jan/15	00:45:00	-0,4	2,6	2,1	203,6	31,0	50,0	1051,8
5/jan/15	01:00:00	2,8	2,6	2,1	203,6	33,0	50,0	1024,4
5/jan/15	01:15:00	-1,1	2,8	0,0	203,6	33,0	50,0	1079,0
5/jan/15	01:30:00	0,8	2,8	0,0	203,6	49,0	50,0	1057,8
5/jan/15	01:45:00	-1,8	2,9	1,6	203,6	31,0	50,0	1093,8
5/jan/15	02:00:00	-0,3	3,0	1,6	203,6	52,0	50,0	1082,7
5/jan/15	02:15:00	2,4	3,1	0,9	203,6	42,0	50,0	1061,8
5/jan/15	02:30:00	0,9	3,1	0,9	203,6	57,0	50,0	1080,3
5/jan/15	02:45:00	-0,1	3,2	1,4	203,6	55,0	50,0	1098,3
5/jan/15	03:00:00	1,2	3,2	1,4	203,6	48,0	50,0	1084,2
5/jan/15	03:15:00	3,0	3,3	1,4	203,6	47,0	50,0	1066,6
5/jan/15	03:30:00	-2,9	3,5	1,4	203,6	62,0	50,0	1145,8
5/jan/15	03:45:00	0,7	3,4	0,2	203,6	61,0	50,0	1103,7
5/jan/15	04:00:00	-0,2	3,5	0,2	203,6	49,0	50,0	1117,6
5/jan/15	04:15:00	2,1	3,6	1,6	203,6	44,0	50,0	1097,3
5/jan/15	04:30:00	-1,6	3,5	1,6	203,6	43,0	50,0	1133,7
5/jan/15	04:45:00	-2,3	3,5	0,9	203,6	58,0	50,0	1141,5
5/jan/15	05:00:00	-4,0	3,6	0,9	203,6	48,0	50,0	1162,4
5/jan/15	05:15:00	-2,9	3,5	1,6	203,6	53,0	50,0	1149,2
5/jan/15	05:30:00	-1,7	3,5	1,6	203,6	56,0	50,0	1133,5
5/jan/15	05:45:00	0,6	3,3	1,6	203,6	56,0	50,0	1095,6
5/jan/15	06:00:00	-3,7	3,3	1,6	203,6	30,0	50,0	1141,6
5/jan/15	06:15:00	-2,9	3,5	1,6	203,6	39,0	50,0	1145,7
5/jan/15	06:30:00	-1,7	3,5	1,6	203,6	42,0	50,0	1131,1
5/jan/15	06:45:00	0,1	3,6	0,2	203,6	54,0	50,0	1121,1
5/jan/15	07:00:00	0,8	3,6	0,2	203,6	49,0	50,0	1111,9
5/jan/15	07:15:00	-0,8	3,7	0,2	203,6	43,0	50,0	1135,3
5/jan/15	07:30:00	-3,9	3,6	0,2	203,6	41,0	50,0	1163,2
5/jan/15	07:45:00	-0,7	3,6	1,4	203,6	45,0	50,0	1126,3
5/jan/15	08:00:00	-4,6	3,7	9,8	203,6	46,0	50,0	1175,6
5/jan/15	08:15:00	-1,3	3,5	73,0	203,6	41,0	50,0	1128,5
5/jan/15	08:30:00	-3,6	3,6	59,5	203,6	40,0	50,0	1155,6
5/jan/15	08:45:00	-0,6	3,6	128,5	203,6	53,0	50,0	1121,8
5/jan/15	09:00:00	0,1	3,7	135,6	203,6	39,0	50,0	1122,6
5/jan/15	09:15:00	1,4	3,3	215,1	203,6	41,0	50,0	1078,3
5/jan/15	09:30:00	0,9	2,9	289,5	203,6	36,0	50,0	1053,0
5/jan/15	09:45:00	2,9	2,5	263,1	203,6	49,0	50,0	997,2
5/jan/15	10:00:00	4,5	2,3	368,2	203,6	47,0	50,0	959,5
5/jan/15	10:15:00	9,3	2,1	338,3	203,6	50,0	50,0	889,9
5/jan/15	10:30:00	10,0	2,0	354,4	203,6	39,0	50,0	875,4
5/jan/15	10:45:00	7,3	2,0	418,7	203,6	47,0	50,0	900,7
5/jan/15	11:00:00	7,9	1,9	480,2	203,6	42,0	50,0	880,6
5/jan/15	11:15:00	9,9	2,0	417,7	203,6	40,0	50,0	869,6
5/jan/15	11:30:00	8,8	1,9	459,7	203,6	42,0	50,0	874,3
5/jan/15	11:45:00	9,8	2,0	451,1	203,6	38,0	50,0	867,6
5/jan/15	12:00:00	13,4	2,0	458,1	203,6	29,0	50,0	825,2
5/jan/15	12:15:00	11,2	1,8	469,9	203,6	41,0	50,0	830,6

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V4	R5				
5/jan/15	12:30:00	10,7	1,8	561,2	203,6	35,0	50,0	839,4
5/jan/15	12:45:00	11,2	1,6	514,0	203,6	28,0	50,0	813,5
5/jan/15	13:00:00	14,1	1,6	468,9	203,6	33,0	50,0	787,1
5/jan/15	13:15:00	14,3	1,5	486,2	203,6	28,0	50,0	769,1
5/jan/15	13:30:00	15,4	1,3	524,1	203,6	22,0	50,0	734,1
5/jan/15	13:45:00	16,3	1,1	433,2	203,6	21,0	50,0	698,2
5/jan/15	14:00:00	14,9	0,9	493,1	203,6	34,0	50,0	684,7
5/jan/15	14:15:00	17,7	0,9	462,8	203,6	29,0	50,0	663,0
5/jan/15	14:30:00	15,8	0,8	385,1	203,6	23,0	50,0	659,9
5/jan/15	14:45:00	13,9	0,6	325,6	203,6	8,0	50,0	651,8
5/jan/15	15:00:00	14,7	0,6	341,7	203,6	10,0	50,0	642,6
5/jan/15	15:15:00	16,5	0,6	343,0	203,6	36,0	50,0	555,8
5/jan/15	15:30:00	15,9	0,5	280,0	203,6	48,0	50,0	561,1
5/jan/15	15:45:00	18,2	0,5	180,7	203,6	70,0	50,0	584,1
5/jan/15	16:00:00	14,3	0,7	168,6	203,6	71,0	50,0	682,7
5/jan/15	16:15:00	12,2	0,6	102,8	203,6	84,0	50,0	691,7
5/jan/15	16:30:00	12,2	0,6	65,8	203,6	90,0	50,0	677,1
5/jan/15	16:45:00	11,4	0,6	67,3	203,6	63,0	50,0	693,1
5/jan/15	17:00:00	11,9	0,7	114,2	203,6	53,0	50,0	703,1
5/jan/15	17:15:00	13,5	0,7	13,6	203,6	49,0	50,0	695,9
5/jan/15	17:30:00	11,9	0,7	13,6	203,6	53,0	50,0	710,1
5/jan/15	17:45:00	8,6	0,7	3,5	203,6	33,0	50,0	741,7
5/jan/15	18:00:00	8,1	3,1	3,5	203,6	27,0	50,0	999,3
5/jan/15	18:15:00	9,7	3,1	2,8	203,6	35,0	50,0	977,4
5/jan/15	18:30:00	5,1	3,1	2,8	203,6	20,0	50,0	1029,8
5/jan/15	18:45:00	9,4	3,2	3,2	203,6	7,0	50,0	990,3
5/jan/15	19:00:00	9,2	3,3	3,2	203,6	7,0	50,0	994,9
5/jan/15	19:15:00	9,0	3,4	0,9	203,6	19,0	50,0	1004,7
5/jan/15	19:30:00	7,3	3,5	0,9	203,6	11,0	50,0	1034,6
5/jan/15	19:45:00	6,2	3,6	1,8	203,6	7,0	50,0	1052,0
5/jan/15	20:00:00	8,2	3,5	1,8	203,6	11,0	50,0	1022,6
5/jan/15	20:15:00	4,7	3,4	3,0	203,6	9,0	50,0	1059,1
5/jan/15	20:30:00	4,3	3,0	3,0	203,6	5,0	50,0	1037,0
5/jan/15	20:45:00	1,6	3,0	0,5	203,6	7,0	50,0	1061,1
5/jan/15	21:00:00	3,5	2,7	0,5	203,6	11,0	50,0	1017,8
5/jan/15	21:15:00	4,2	2,2	2,8	203,6	3,0	50,0	975,7
5/jan/15	21:30:00	1,3	2,0	2,8	203,6	8,0	50,0	985,3
5/jan/15	21:45:00	0,5	1,7	2,8	203,6	22,0	50,0	961,8
5/jan/15	22:00:00	2,6	1,5	2,8	203,6	25,0	50,0	918,3
5/jan/15	22:15:00	0,8	1,2	1,4	203,6	25,0	50,0	887,6
5/jan/15	22:30:00	3,3	1,0	1,4	203,6	22,0	50,0	839,7
5/jan/15	22:45:00	-0,6	0,8	2,3	203,6	26,0	50,0	828,3
5/jan/15	23:00:00	-0,5	0,5	2,3	203,6	25,0	50,0	668,3
5/jan/15	23:15:00	1,3	0,4	4,1	203,6	34,0	50,0	650,6
5/jan/15	23:30:00	10,3	0,3	4,1	203,6	51,0	50,0	564,0
5/jan/15	23:45:00	9,6	0,2	2,8	203,6	68,0	50,0	538,2

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V4 T4 R5 (150 kV)
Energia: 4205,8 MVAh
Máximo: 970,4 A
Mínimo: 452,6 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



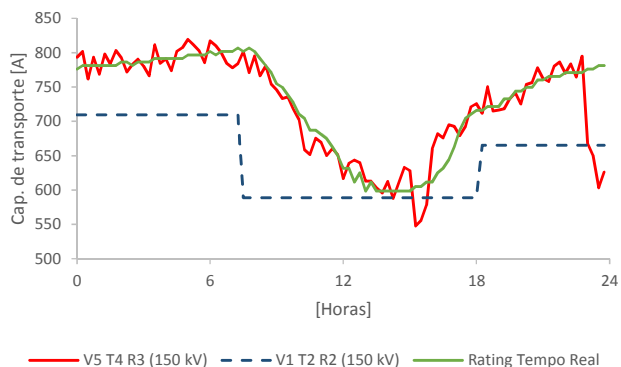
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V4	R5				
3/jul/15	00:00:00	22,6	5,5	1,4	203,6	56,0	50,0	911,9
3/jul/15	00:15:00	22,6	5,3	2,8	203,6	63,0	50,0	903,2
3/jul/15	00:30:00	18,1	5,2	2,8	203,6	58,0	50,0	970,4
3/jul/15	00:45:00	22,7	5,2	1,4	203,6	67,0	50,0	898,3
3/jul/15	01:00:00	21,6	0,9	1,4	203,6	34,0	50,0	650,0
3/jul/15	01:15:00	19,8	0,8	1,2	203,6	36,0	50,0	648,3
3/jul/15	01:30:00	17,1	0,3	1,2	203,6	37,0	50,0	502,2
3/jul/15	01:45:00	17,3	0,2	1,2	203,6	63,0	50,0	485,4
3/jul/15	02:00:00	18,0	0,3	1,2	203,6	3,0	50,0	462,9
3/jul/15	02:15:00	19,3	0,2	1,2	203,6	14,0	50,0	452,6
3/jul/15	02:30:00	18,4	0,2	1,2	203,6	13,0	50,0	459,6
3/jul/15	02:45:00	19,1	0,2	2,5	203,6	24,0	50,0	454,7
3/jul/15	03:00:00	18,9	0,4	2,5	203,6	46,0	50,0	517,6
3/jul/15	03:15:00	15,8	0,4	0,9	203,6	27,0	50,0	528,9
3/jul/15	03:30:00	14,0	0,7	0,9	203,6	28,0	50,0	691,8
3/jul/15	03:45:00	14,1	0,8	2,8	203,6	20,0	50,0	711,6
3/jul/15	04:00:00	17,3	0,8	2,8	203,6	35,0	50,0	676,7
3/jul/15	04:15:00	15,4	0,9	0,7	203,6	25,0	50,0	713,2
3/jul/15	04:30:00	14,6	0,9	0,7	203,6	21,0	50,0	718,4
3/jul/15	04:45:00	17,3	0,9	0,7	203,6	27,0	50,0	686,3
3/jul/15	05:00:00	16,5	0,9	0,7	203,6	27,0	50,0	707,2
3/jul/15	05:15:00	11,7	0,8	3,0	203,6	15,0	50,0	734,1
3/jul/15	05:30:00	16,9	0,6	3,0	203,6	35,0	50,0	574,8
3/jul/15	05:45:00	16,3	0,5	3,0	203,6	47,0	50,0	575,4
3/jul/15	06:00:00	13,4	0,4	3,0	203,6	67,0	50,0	581,9
3/jul/15	06:15:00	13,0	0,5	8,1	203,6	84,0	50,0	663,6
3/jul/15	06:30:00	14,5	0,5	23,0	203,6	85,0	50,0	644,7
3/jul/15	06:45:00	14,7	0,7	99,2	203,6	79,0	50,0	682,1
3/jul/15	07:00:00	9,9	0,6	73,7	203,6	87,0	50,0	710,0
3/jul/15	07:15:00	13,5	0,5	64,0	203,6	83,0	50,0	657,7
3/jul/15	07:30:00	12,7	0,6	255,8	203,6	88,0	50,0	656,4
3/jul/15	07:45:00	15,8	0,6	258,5	203,6	75,0	50,0	629,8
3/jul/15	08:00:00	12,9	0,7	338,3	203,6	62,0	50,0	672,7
3/jul/15	08:15:00	14,5	0,7	377,8	203,6	70,0	50,0	660,7
3/jul/15	08:30:00	18,1	0,7	402,1	203,6	88,0	50,0	618,1
3/jul/15	08:45:00	17,6	0,6	475,6	203,6	89,0	50,0	593,4
3/jul/15	09:00:00	17,3	0,7	614,6	203,6	73,0	50,0	614,2
3/jul/15	09:15:00	17,7	0,9	535,3	203,6	71,0	50,0	647,4
3/jul/15	09:30:00	16,3	1,0	671,2	203,6	61,0	50,0	670,7
3/jul/15	09:45:00	18,7	1,2	675,4	203,6	61,0	50,0	671,6
3/jul/15	10:00:00	21,5	1,3	707,4	203,6	55,0	50,0	641,6
3/jul/15	10:15:00	20,0	1,6	715,5	203,6	48,0	50,0	695,2
3/jul/15	10:30:00	26,0	1,7	828,9	203,6	54,0	50,0	613,8
3/jul/15	10:45:00	26,2	1,9	834,4	203,6	58,0	50,0	626,1
3/jul/15	11:00:00	27,0	2,1	862,7	203,6	47,0	50,0	623,1
3/jul/15	11:15:00	27,5	2,3	873,6	203,6	36,0	50,0	628,5
3/jul/15	11:30:00	23,9	2,5	914,0	203,6	48,0	50,0	695,4
3/jul/15	11:45:00	27,6	2,5	953,5	203,6	52,0	50,0	635,9
3/jul/15	12:00:00	31,1	2,6	1002,9	203,6	42,0	50,0	572,8
3/jul/15	12:15:00	26,7	2,7	1030,3	203,6	54,0	50,0	654,7

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V4	R5				
3/jul/15	12:30:00	27,8	2,7	1000,3	203,6	54,0	50,0	640,7
3/jul/15	12:45:00	31,4	2,7	1004,7	203,6	44,0	50,0	574,4
3/jul/15	13:00:00	30,7	3,2	1015,2	203,6	54,0	50,0	611,4
3/jul/15	13:15:00	28,4	3,4	1066,6	203,6	43,0	50,0	657,1
3/jul/15	13:30:00	30,2	3,5	1024,2	203,6	44,0	50,0	634,1
3/jul/15	13:45:00	28,4	3,6	1009,8	203,6	55,0	50,0	672,0
3/jul/15	14:00:00	30,4	3,6	1070,0	203,6	54,0	50,0	629,6
3/jul/15	14:15:00	32,8	3,7	1016,3	203,6	53,0	50,0	588,5
3/jul/15	14:30:00	30,9	3,6	970,4	203,6	46,0	50,0	626,1
3/jul/15	14:45:00	28,4	3,6	959,4	203,6	48,0	50,0	676,9
3/jul/15	15:00:00	34,1	3,5	967,7	203,6	52,0	50,0	556,1
3/jul/15	15:15:00	29,5	3,4	926,7	203,6	31,0	50,0	650,3
3/jul/15	15:30:00	32,9	3,6	953,4	203,6	24,0	50,0	585,8
3/jul/15	15:45:00	30,8	3,6	877,1	203,6	21,0	50,0	634,2
3/jul/15	16:00:00	35,1	3,5	845,7	203,6	24,0	50,0	544,6
3/jul/15	16:15:00	30,5	3,6	814,8	203,6	8,0	50,0	646,5
3/jul/15	16:30:00	32,6	3,5	755,9	203,6	6,0	50,0	606,3
3/jul/15	16:45:00	34,1	3,7	791,8	203,6	5,0	50,0	579,6
3/jul/15	17:00:00	35,5	3,7	684,9	203,6	4,0	50,0	556,0
3/jul/15	17:15:00	32,7	4,0	708,1	203,6	13,0	50,0	627,1
3/jul/15	17:30:00	33,9	4,2	617,1	203,6	1,0	50,0	616,1
3/jul/15	17:45:00	32,1	4,7	597,9	203,6	8,0	50,0	671,1
3/jul/15	18:00:00	35,3	4,9	603,6	203,6	3,0	50,0	606,6
3/jul/15	18:15:00	34,6	5,0	514,9	203,6	22,0	50,0	633,3
3/jul/15	18:30:00	35,9	5,1	439,7	203,6	10,0	50,0	612,0
3/jul/15	18:45:00	30,0	5,3	371,4	203,6	30,0	50,0	749,9
3/jul/15	19:00:00	30,9	5,4	353,4	203,6	29,0	50,0	733,7
3/jul/15	19:15:00	29,5	5,3	296,5	203,6	34,0	50,0	764,3
3/jul/15	19:30:00	35,1	5,5	241,7	203,6	42,0	50,0	656,5
3/jul/15	19:45:00	33,4	5,4	148,0	203,6	47,0	50,0	696,9
3/jul/15	20:00:00	30,3	5,5	176,2	203,6	46,0	50,0	762,2
3/jul/15	20:15:00	32,6	5,5	62,5	203,6	32,0	50,0	721,2
3/jul/15	20:30:00	32,1	5,4	47,6	203,6	36,0	50,0	729,6
3/jul/15	20:45:00	30,0	5,4	15,2	203,6	48,0	50,0	774,4
3/jul/15	21:00:00	30,0	5,4	15,2	203,6	35,0	50,0	774,4
3/jul/15	21:15:00	26,4	5,3	4,4	203,6	51,0	50,0	838,9
3/jul/15	21:30:00	28,0	5,4	4,4	203,6	36,0	50,0	812,6
3/jul/15	21:45:00	26,4	5,3	1,8	203,6	42,0	50,0	837,3
3/jul/15	22:00:00	26,1	5,3	1,8	203,6	46,0	50,0	844,2
3/jul/15	22:15:00	21,9	5,1	1,8	203,6	37,0	50,0	908,4
3/jul/15	22:30:00	26,0	4,9	1,8	203,6	48,0	50,0	831,6
3/jul/15	22:45:00	21,8	4,9	4,4	203,6	45,0	50,0	900,3
3/jul/15	23:00:00	20,8	4,7	4,4	203,6	53,0	50,0	909,4
3/jul/15	23:15:00	24,1	4,8	2,3	203,6	47,0	50,0	860,5
3/jul/15	23:30:00	21,1	4,7	2,3	203,6	47,0	50,0	902,5
3/jul/15	23:45:00	21,1	4,8	1,8	203,6	48,0	50,0	908,4

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V5 T4 R3 (150 kV)
Energia: 4511,9 MVAh
Máximo: 819,3 A
Mínimo: 547,7 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



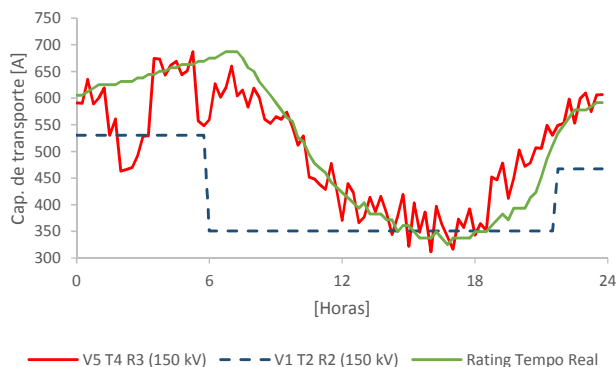
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V5	R3				
5/jan/15	00:00:00	-0,5	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	793,5
5/jan/15	00:15:00	-1,6	0,6	0,0	203,6	28,0	50,0	801,8
5/jan/15	00:30:00	3,6	0,6	0,0	203,6	42,0	50,0	761,8
5/jan/15	00:45:00	-0,4	0,6	0,0	203,6	31,0	50,0	793,2
5/jan/15	01:00:00	2,8	0,6	0,0	203,6	33,0	50,0	768,8
5/jan/15	01:15:00	-1,1	0,6	0,0	203,6	33,0	50,0	797,8
5/jan/15	01:30:00	0,8	0,6	0,0	203,6	49,0	50,0	783,5
5/jan/15	01:45:00	-1,8	0,6	0,0	203,6	31,0	50,0	803,0
5/jan/15	02:00:00	-0,3	0,6	0,0	203,6	52,0	50,0	792,3
5/jan/15	02:15:00	2,4	0,6	0,0	203,6	42,0	50,0	771,7
5/jan/15	02:30:00	0,9	0,6	0,0	203,6	57,0	50,0	782,9
5/jan/15	02:45:00	-0,1	0,6	0,0	203,6	55,0	50,0	790,7
5/jan/15	03:00:00	1,2	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	780,8
5/jan/15	03:15:00	3,0	0,6	0,0	203,6	47,0	50,0	766,5
5/jan/15	03:30:00	-2,9	0,6	0,0	203,6	62,0	50,0	811,5
5/jan/15	03:45:00	0,7	0,6	0,0	203,6	61,0	50,0	784,6
5/jan/15	04:00:00	-0,2	0,6	0,0	203,6	49,0	50,0	791,0
5/jan/15	04:15:00	2,1	0,6	0,0	203,6	44,0	50,0	774,0
5/jan/15	04:30:00	-1,6	0,6	0,0	203,6	43,0	50,0	801,8
5/jan/15	04:45:00	-2,3	0,6	0,0	203,6	58,0	50,0	807,2
5/jan/15	05:00:00	-4,0	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	819,3
5/jan/15	05:15:00	-2,9	0,6	0,0	203,6	53,0	50,0	811,6
5/jan/15	05:30:00	-1,7	0,6	0,0	203,6	56,0	50,0	802,6
5/jan/15	05:45:00	0,6	0,6	0,0	203,6	56,0	50,0	785,5
5/jan/15	06:00:00	-3,7	0,6	0,0	203,6	30,0	50,0	817,2
5/jan/15	06:15:00	-2,9	0,6	24,2	203,6	39,0	50,0	810,0
5/jan/15	06:30:00	-1,7	0,6	48,5	203,6	42,0	50,0	799,9
5/jan/15	06:45:00	0,1	0,6	72,7	203,6	54,0	50,0	784,6
5/jan/15	07:00:00	0,8	0,6	97,0	203,6	49,0	50,0	778,1
5/jan/15	07:15:00	-0,8	0,6	195,2	203,6	43,0	50,0	783,9
5/jan/15	07:30:00	-3,9	0,6	293,5	203,6	41,0	50,0	801,6
5/jan/15	07:45:00	-0,7	0,6	391,7	203,6	45,0	50,0	771,0
5/jan/15	08:00:00	-4,6	0,6	489,9	203,6	46,0	50,0	795,2
5/jan/15	08:15:00	-1,3	0,6	542,6	203,6	41,0	50,0	766,3
5/jan/15	08:30:00	-3,6	0,6	595,3	203,6	40,0	50,0	780,7
5/jan/15	08:45:00	-0,6	0,6	648,0	203,6	53,0	50,0	754,2
5/jan/15	09:00:00	0,1	0,6	700,7	203,6	39,0	50,0	745,7
5/jan/15	09:15:00	1,4	0,6	727,0	203,6	41,0	50,0	733,1
5/jan/15	09:30:00	0,9	0,6	753,3	203,6	36,0	50,0	735,7
5/jan/15	09:45:00	2,9	0,6	779,6	203,6	49,0	50,0	717,8
5/jan/15	10:00:00	4,5	0,6	805,9	203,6	47,0	50,0	702,3
5/jan/15	10:15:00	9,3	0,6	817,3	203,6	50,0	50,0	658,6
5/jan/15	10:30:00	10,0	0,6	828,8	203,6	39,0	50,0	651,7
5/jan/15	10:45:00	7,3	0,6	840,2	203,6	47,0	50,0	675,5
5/jan/15	11:00:00	7,9	0,6	851,6	203,6	42,0	50,0	669,5
5/jan/15	11:15:00	9,9	0,6	852,3	203,6	40,0	50,0	650,2
5/jan/15	11:30:00	8,8	0,6	853,0	203,6	42,0	50,0	660,7
5/jan/15	11:45:00	9,8	0,6	853,7	203,6	38,0	50,0	651,5
5/jan/15	12:00:00	13,4	0,6	854,4	203,6	29,0	50,0	617,0
5/jan/15	12:15:00	11,2	0,6	844,6	203,6	41,0	50,0	638,9

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V5	R3				
5/jan/15	12:30:00	10,7	0,6	834,8	203,6	35,0	50,0	644,0
5/jan/15	12:45:00	11,2	0,6	825,0	203,6	28,0	50,0	640,3
5/jan/15	13:00:00	14,1	0,6	815,2	203,6	33,0	50,0	613,1
5/jan/15	13:15:00	14,3	0,6	791,4	203,6	28,0	50,0	612,9
5/jan/15	13:30:00	15,4	0,6	767,6	203,6	22,0	50,0	603,8
5/jan/15	13:45:00	16,3	0,6	743,8	203,6	21,0	50,0	596,0
5/jan/15	14:00:00	14,9	0,6	720,0	203,6	34,0	50,0	612,5
5/jan/15	14:15:00	17,7	0,6	672,1	203,6	29,0	50,0	587,7
5/jan/15	14:30:00	15,8	0,6	624,2	203,6	23,0	50,0	610,9
5/jan/15	14:45:00	13,9	0,6	576,3	203,6	8,0	50,0	633,2
5/jan/15	15:00:00	14,7	0,6	528,4	203,6	10,0	50,0	628,6
5/jan/15	15:15:00	16,5	0,6	436,2	203,6	36,0	50,0	547,7
5/jan/15	15:30:00	15,9	0,5	344,1	203,6	48,0	50,0	555,6
5/jan/15	15:45:00	18,2	0,5	251,9	203,6	70,0	50,0	578,3
5/jan/15	16:00:00	14,3	0,6	159,8	203,6	71,0	50,0	660,0
5/jan/15	16:15:00	12,2	0,6	119,8	203,6	84,0	50,0	682,2
5/jan/15	16:30:00	12,2	0,6	79,9	203,6	90,0	50,0	676,2
5/jan/15	16:45:00	11,4	0,6	39,9	203,6	63,0	50,0	695,0
5/jan/15	17:00:00	11,9	0,6	0,0	203,6	53,0	50,0	692,7
5/jan/15	17:15:00	13,5	0,6	0,0	203,6	49,0	50,0	679,1
5/jan/15	17:30:00	11,9	0,6	0,0	203,6	53,0	50,0	692,9
5/jan/15	17:45:00	8,6	0,6	0,0	203,6	33,0	50,0	721,1
5/jan/15	18:00:00	8,1	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	725,8
5/jan/15	18:15:00	9,7	0,6	0,0	203,6	35,0	50,0	712,0
5/jan/15	18:30:00	5,1	0,6	0,0	203,6	20,0	50,0	750,5
5/jan/15	18:45:00	9,4	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	714,9
5/jan/15	19:00:00	9,2	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	716,4
5/jan/15	19:15:00	9,0	0,6	0,0	203,6	19,0	50,0	718,4
5/jan/15	19:30:00	7,3	0,6	0,0	203,6	11,0	50,0	732,6
5/jan/15	19:45:00	6,2	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	741,4
5/jan/15	20:00:00	8,2	0,6	0,0	203,6	11,0	50,0	725,1
5/jan/15	20:15:00	4,7	0,6	0,0	203,6	9,0	50,0	753,6
5/jan/15	20:30:00	4,3	0,6	0,0	203,6	5,0	50,0	756,6
5/jan/15	20:45:00	1,6	0,6	0,0	203,6	7,0	50,0	777,8
5/jan/15	21:00:00	3,5	0,6	0,0	203,6	11,0	50,0	762,7
5/jan/15	21:15:00	4,2	0,6	0,0	203,6	3,0	50,0	757,7
5/jan/15	21:30:00	1,3	0,6	0,0	203,6	8,0	50,0	780,1
5/jan/15	21:45:00	0,5	0,6	0,0	203,6	22,0	50,0	786,1
5/jan/15	22:00:00	2,6	0,6	0,0	203,6	25,0	50,0	770,2
5/jan/15	22:15:00	0,8	0,6	0,0	203,6	25,0	50,0	783,5
5/jan/15	22:30:00	3,3	0,6	0,0	203,6	22,0	50,0	764,4
5/jan/15	22:45:00	-0,6	0,6	0,0	203,6	26,0	50,0	794,7
5/jan/15	23:00:00	-0,5	0,5	0,0	203,6	25,0	50,0	668,4
5/jan/15	23:15:00	1,3	0,4	0,0	203,6	34,0	50,0	650,9
5/jan/15	23:30:00	10,3	0,4	0,0	203,6	51,0	50,0	603,1
5/jan/15	23:45:00	9,6	0,4	0,0	203,6	68,0	50,0	626,3

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V5 T4 R3 (150 kV)
Energia: 3140,8 MVAh
Máximo: 687,1 A
Mínimo: 311,7 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



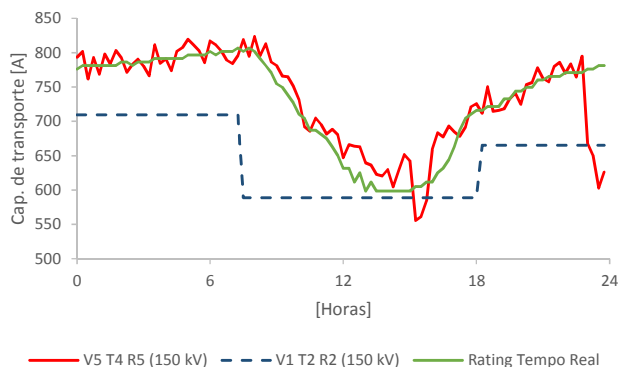
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V5	R3				
3/jul/15	00:00:00	22,6	0,6	0,0	203,6	56,0	50,0	590,9
3/jul/15	00:15:00	22,6	0,6	0,0	203,6	63,0	50,0	590,5
3/jul/15	00:30:00	18,1	0,6	0,0	203,6	58,0	50,0	635,6
3/jul/15	00:45:00	22,7	0,6	0,0	203,6	67,0	50,0	589,3
3/jul/15	01:00:00	21,6	0,6	0,0	203,6	34,0	50,0	600,8
3/jul/15	01:15:00	19,8	0,6	0,0	203,6	36,0	50,0	619,3
3/jul/15	01:30:00	17,1	0,4	0,0	203,6	37,0	50,0	530,3
3/jul/15	01:45:00	17,3	0,4	0,0	203,6	63,0	50,0	560,9
3/jul/15	02:00:00	18,0	0,4	0,0	203,6	3,0	50,0	463,1
3/jul/15	02:15:00	19,3	0,4	0,0	203,6	14,0	50,0	466,2
3/jul/15	02:30:00	18,4	0,4	0,0	203,6	13,0	50,0	469,9
3/jul/15	02:45:00	19,1	0,4	0,0	203,6	24,0	50,0	492,0
3/jul/15	03:00:00	18,9	0,4	0,0	203,6	46,0	50,0	528,6
3/jul/15	03:15:00	15,8	0,4	0,0	203,6	27,0	50,0	529,0
3/jul/15	03:30:00	14,0	0,6	0,0	203,6	28,0	50,0	674,3
3/jul/15	03:45:00	14,1	0,6	0,0	203,6	20,0	50,0	673,3
3/jul/15	04:00:00	17,3	0,6	0,0	203,6	35,0	50,0	643,4
3/jul/15	04:15:00	15,4	0,6	0,0	203,6	25,0	50,0	661,6
3/jul/15	04:30:00	14,6	0,6	0,0	203,6	21,0	50,0	669,1
3/jul/15	04:45:00	17,3	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	643,5
3/jul/15	05:00:00	16,5	0,6	0,0	203,6	27,0	50,0	650,7
3/jul/15	05:15:00	11,7	0,6	108,1	203,6	15,0	50,0	687,1
3/jul/15	05:30:00	16,9	0,6	216,1	203,6	35,0	50,0	556,8
3/jul/15	05:45:00	16,3	0,5	324,2	203,6	47,0	50,0	548,1
3/jul/15	06:00:00	13,4	0,4	432,2	203,6	67,0	50,0	559,9
3/jul/15	06:15:00	13,0	0,5	506,4	203,6	84,0	50,0	626,8
3/jul/15	06:30:00	14,5	0,5	580,6	203,6	85,0	50,0	602,0
3/jul/15	06:45:00	14,7	0,6	654,8	203,6	79,0	50,0	619,5
3/jul/15	07:00:00	9,9	0,6	729,1	203,6	87,0	50,0	659,8
3/jul/15	07:15:00	13,5	0,5	770,5	203,6	83,0	50,0	604,3
3/jul/15	07:30:00	12,7	0,6	811,9	203,6	88,0	50,0	614,7
3/jul/15	07:45:00	15,8	0,6	853,3	203,6	75,0	50,0	583,0
3/jul/15	08:00:00	12,9	0,6	894,8	203,6	62,0	50,0	618,7
3/jul/15	08:15:00	14,5	0,6	919,0	203,6	70,0	50,0	601,1
3/jul/15	08:30:00	18,1	0,6	943,3	203,6	88,0	50,0	560,2
3/jul/15	08:45:00	17,6	0,6	967,6	203,6	89,0	50,0	552,4
3/jul/15	09:00:00	17,3	0,6	991,8	203,6	73,0	50,0	565,2
3/jul/15	09:15:00	17,7	0,6	1006,4	203,6	71,0	50,0	560,2
3/jul/15	09:30:00	16,3	0,6	1020,9	203,6	61,0	50,0	573,7
3/jul/15	09:45:00	18,7	0,6	1035,4	203,6	61,0	50,0	545,6
3/jul/15	10:00:00	21,5	0,6	1050,0	203,6	55,0	50,0	511,7
3/jul/15	10:15:00	20,0	0,6	1058,3	203,6	48,0	50,0	529,1
3/jul/15	10:30:00	26,0	0,6	1066,6	203,6	54,0	50,0	451,8
3/jul/15	10:45:00	26,2	0,6	1075,0	203,6	58,0	50,0	448,0
3/jul/15	11:00:00	27,0	0,6	1083,3	203,6	47,0	50,0	437,1
3/jul/15	11:15:00	27,5	0,6	1087,2	203,6	36,0	50,0	428,9
3/jul/15	11:30:00	23,9	0,6	1091,1	203,6	48,0	50,0	477,5
3/jul/15	11:45:00	27,6	0,6	1095,0	203,6	52,0	50,0	427,0
3/jul/15	12:00:00	31,1	0,6	1098,9	203,6	42,0	50,0	370,8
3/jul/15	12:15:00	26,7	0,6	1099,0	203,6	54,0	50,0	439,5

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V5	R3				
3/jul/15	12:30:00	27,8	0,6	1099,2	203,6	54,0	50,0	423,0
3/jul/15	12:45:00	31,4	0,6	1099,4	203,6	44,0	50,0	366,5
3/jul/15	13:00:00	30,7	0,6	1099,5	203,6	54,0	50,0	377,1
3/jul/15	13:15:00	28,4	0,6	1096,0	203,6	43,0	50,0	413,8
3/jul/15	13:30:00	30,2	0,6	1092,5	203,6	44,0	50,0	386,6
3/jul/15	13:45:00	28,4	0,6	1089,0	203,6	55,0	50,0	415,6
3/jul/15	14:00:00	30,4	0,6	1085,4	203,6	54,0	50,0	384,0
3/jul/15	14:15:00	32,8	0,6	1077,5	203,6	53,0	50,0	344,2
3/jul/15	14:30:00	30,9	0,6	1069,7	203,6	46,0	50,0	377,2
3/jul/15	14:45:00	28,4	0,6	1061,8	203,6	48,0	50,0	419,0
3/jul/15	15:00:00	34,1	0,6	1053,9	203,6	52,0	50,0	321,9
3/jul/15	15:15:00	29,5	0,6	1040,0	203,6	31,0	50,0	403,7
3/jul/15	15:30:00	32,9	0,6	1026,2	203,6	24,0	50,0	348,5
3/jul/15	15:45:00	30,8	0,6	1012,3	203,6	21,0	50,0	386,0
3/jul/15	16:00:00	35,1	0,6	998,5	203,6	24,0	50,0	311,7
3/jul/15	16:15:00	30,5	0,6	975,3	203,6	8,0	50,0	396,8
3/jul/15	16:30:00	32,6	0,6	952,2	203,6	6,0	50,0	363,8
3/jul/15	16:45:00	34,1	0,6	929,0	203,6	5,0	50,0	339,9
3/jul/15	17:00:00	35,5	0,6	905,9	203,6	4,0	50,0	316,4
3/jul/15	17:15:00	32,7	0,6	866,5	203,6	13,0	50,0	373,1
3/jul/15	17:30:00	33,9	0,6	827,1	203,6	1,0	50,0	357,5
3/jul/15	17:45:00	32,1	0,6	787,8	203,6	8,0	50,0	392,5
3/jul/15	18:00:00	35,3	0,6	748,4	203,6	3,0	50,0	343,1
3/jul/15	18:15:00	34,6	0,6	678,1	203,6	22,0	50,0	364,7
3/jul/15	18:30:00	35,9	0,6	607,8	203,6	10,0	50,0	351,8
3/jul/15	18:45:00	30,0	0,6	537,5	203,6	30,0	50,0	452,4
3/jul/15	19:00:00	30,9	0,6	467,2	203,6	29,0	50,0	447,1
3/jul/15	19:15:00	29,5	0,6	350,4	203,6	34,0	50,0	478,1
3/jul/15	19:30:00	35,1	0,6	233,6	203,6	42,0	50,0	412,1
3/jul/15	19:45:00	33,4	0,6	116,8	203,6	47,0	50,0	449,2
3/jul/15	20:00:00	30,3	0,6	0,0	203,6	46,0	50,0	502,9
3/jul/15	20:15:00	32,6	0,6	0,0	203,6	32,0	50,0	472,3
3/jul/15	20:30:00	32,1	0,6	0,0	203,6	36,0	50,0	478,8
3/jul/15	20:45:00	30,0	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	506,8
3/jul/15	21:00:00	30,0	0,6	0,0	203,6	35,0	50,0	505,8
3/jul/15	21:15:00	26,4	0,6	0,0	203,6	51,0	50,0	549,0
3/jul/15	21:30:00	28,0	0,6	0,0	203,6	36,0	50,0	530,6
3/jul/15	21:45:00	26,4	0,6	0,0	203,6	42,0	50,0	549,2
3/jul/15	22:00:00	26,1	0,6	0,0	203,6	46,0	50,0	552,8
3/jul/15	22:15:00	21,9	0,6	0,0	203,6	37,0	50,0	598,2
3/jul/15	22:30:00	26,0	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	553,1
3/jul/15	22:45:00	21,8	0,6	0,0	203,6	45,0	50,0	599,0
3/jul/15	23:00:00	20,8	0,6	0,0	203,6	53,0	50,0	609,4
3/jul/15	23:15:00	24,1	0,6	0,0	203,6	47,0	50,0	574,8
3/jul/15	23:30:00	21,1	0,6	0,0	203,6	47,0	50,0	605,8
3/jul/15	23:45:00	21,1	0,6	0,0	203,6	48,0	50,0	606,3

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratrel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V5 T4 R5 (150 kV)
Energia: 4566,5 MVAh
Máximo: 823,5 A
Mínimo: 555,8 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150



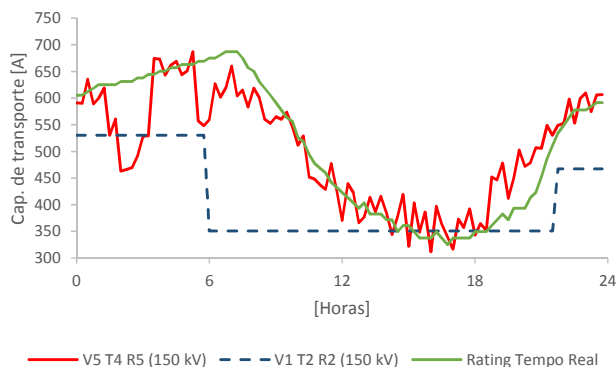
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V5	R5				
5/jan/15	00:00:00	-0,5	0,6	2,1	203,6	27,0	50,0	793,3
5/jan/15	00:15:00	-1,6	0,6	2,3	203,6	28,0	50,0	801,6
5/jan/15	00:30:00	3,6	0,6	2,3	203,6	42,0	50,0	761,7
5/jan/15	00:45:00	-0,4	0,6	2,1	203,6	31,0	50,0	793,0
5/jan/15	01:00:00	2,8	0,6	2,1	203,6	33,0	50,0	768,6
5/jan/15	01:15:00	-1,1	0,6	0,0	203,6	33,0	50,0	797,8
5/jan/15	01:30:00	0,8	0,6	0,0	203,6	49,0	50,0	783,5
5/jan/15	01:45:00	-1,8	0,6	1,6	203,6	31,0	50,0	802,9
5/jan/15	02:00:00	-0,3	0,6	1,6	203,6	52,0	50,0	792,2
5/jan/15	02:15:00	2,4	0,6	0,9	203,6	42,0	50,0	771,7
5/jan/15	02:30:00	0,9	0,6	0,9	203,6	57,0	50,0	782,9
5/jan/15	02:45:00	-0,1	0,6	1,4	203,6	55,0	50,0	790,7
5/jan/15	03:00:00	1,2	0,6	1,4	203,6	48,0	50,0	780,7
5/jan/15	03:15:00	3,0	0,6	1,4	203,6	47,0	50,0	766,4
5/jan/15	03:30:00	-2,9	0,6	1,4	203,6	62,0	50,0	811,5
5/jan/15	03:45:00	0,7	0,6	0,2	203,6	61,0	50,0	784,6
5/jan/15	04:00:00	-0,2	0,6	0,2	203,6	49,0	50,0	791,0
5/jan/15	04:15:00	2,1	0,6	1,6	203,6	44,0	50,0	773,9
5/jan/15	04:30:00	-1,6	0,6	1,6	203,6	43,0	50,0	801,7
5/jan/15	04:45:00	-2,3	0,6	0,9	203,6	58,0	50,0	807,1
5/jan/15	05:00:00	-4,0	0,6	0,9	203,6	48,0	50,0	819,2
5/jan/15	05:15:00	-2,9	0,6	1,6	203,6	53,0	50,0	811,5
5/jan/15	05:30:00	-1,7	0,6	1,6	203,6	56,0	50,0	802,5
5/jan/15	05:45:00	0,6	0,6	1,6	203,6	56,0	50,0	785,4
5/jan/15	06:00:00	-3,7	0,6	1,6	203,6	30,0	50,0	817,1
5/jan/15	06:15:00	-2,9	0,6	1,6	203,6	39,0	50,0	811,4
5/jan/15	06:30:00	-1,7	0,6	1,6	203,6	42,0	50,0	802,6
5/jan/15	06:45:00	0,1	0,6	0,2	203,6	54,0	50,0	789,0
5/jan/15	07:00:00	0,8	0,6	0,2	203,6	49,0	50,0	784,0
5/jan/15	07:15:00	-0,8	0,6	0,2	203,6	43,0	50,0	795,7
5/jan/15	07:30:00	-3,9	0,6	0,2	203,6	41,0	50,0	818,9
5/jan/15	07:45:00	-0,7	0,6	1,4	203,6	45,0	50,0	794,8
5/jan/15	08:00:00	-4,6	0,6	9,8	203,6	46,0	50,0	823,5
5/jan/15	08:15:00	-1,3	0,6	73,0	203,6	41,0	50,0	795,0
5/jan/15	08:30:00	-3,6	0,6	59,5	203,6	40,0	50,0	812,8
5/jan/15	08:45:00	-0,6	0,6	128,5	203,6	53,0	50,0	786,4
5/jan/15	09:00:00	0,1	0,6	135,6	203,6	39,0	50,0	781,0
5/jan/15	09:15:00	1,4	0,6	215,1	203,6	41,0	50,0	765,7
5/jan/15	09:30:00	0,9	0,6	289,5	203,6	36,0	50,0	765,1
5/jan/15	09:45:00	2,9	0,6	263,1	203,6	49,0	50,0	751,4
5/jan/15	10:00:00	4,5	0,6	368,2	203,6	47,0	50,0	731,5
5/jan/15	10:15:00	9,3	0,6	338,3	203,6	50,0	50,0	692,4
5/jan/15	10:30:00	10,0	0,6	354,4	203,6	39,0	50,0	685,5
5/jan/15	10:45:00	7,3	0,6	418,7	203,6	47,0	50,0	704,7
5/jan/15	11:00:00	7,9	0,6	480,2	203,6	42,0	50,0	695,4
5/jan/15	11:15:00	9,9	0,6	417,7	203,6	40,0	50,0	681,4
5/jan/15	11:30:00	8,8	0,6	459,7	203,6	42,0	50,0	688,5
5/jan/15	11:45:00	9,8	0,6	451,1	203,6	38,0	50,0	680,4
5/jan/15	12:00:00	13,4	0,6	458,1	203,6	29,0	50,0	646,9
5/jan/15	12:15:00	11,2	0,6	469,9	203,6	41,0	50,0	666,3

Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V5	R5				
5/jan/15	12:30:00	10,7	0,6	561,2	203,6	35,0	50,0	664,0
5/jan/15	12:45:00	11,2	0,6	514,0	203,6	28,0	50,0	663,0
5/jan/15	13:00:00	14,1	0,6	468,9	203,6	33,0	50,0	639,4
5/jan/15	13:15:00	14,3	0,6	486,2	203,6	28,0	50,0	636,2
5/jan/15	13:30:00	15,4	0,6	524,1	203,6	22,0	50,0	622,8
5/jan/15	13:45:00	16,3	0,6	433,2	203,6	21,0	50,0	620,4
5/jan/15	14:00:00	14,9	0,6	493,1	203,6	34,0	50,0	629,9
5/jan/15	14:15:00	17,7	0,6	462,8	203,6	29,0	50,0	604,5
5/jan/15	14:30:00	15,8	0,6	385,1	203,6	23,0	50,0	629,3
5/jan/15	14:45:00	13,9	0,6	325,6	203,6	8,0	50,0	651,8
5/jan/15	15:00:00	14,7	0,6	341,7	203,6	10,0	50,0	642,6
5/jan/15	15:15:00	16,5	0,6	343,0	203,6	36,0	50,0	555,8
5/jan/15	15:30:00	15,9	0,5	280,0	203,6	48,0	50,0	561,1
5/jan/15	15:45:00	18,2	0,5	180,7	203,6	70,0	50,0	584,1
5/jan/15	16:00:00	14,3	0,6	168,6	203,6	71,0	50,0	659,3
5/jan/15	16:15:00	12,2	0,6	102,8	203,6	84,0	50,0	683,4
5/jan/15	16:30:00	12,2	0,6	65,8	203,6	90,0	50,0	677,1
5/jan/15	16:45:00	11,4	0,6	67,3	203,6	63,0	50,0	693,1
5/jan/15	17:00:00	11,9	0,6	114,2	203,6	53,0	50,0	684,8
5/jan/15	17:15:00	13,5	0,6	13,6	203,6	49,0	50,0	678,2
5/jan/15	17:30:00	11,9	0,6	13,6	203,6	53,0	50,0	692,0
5/jan/15	17:45:00	8,6	0,6	3,5	203,6	33,0	50,0	720,9
5/jan/15	18:00:00	8,1	0,6	3,5	203,6	27,0	50,0	725,6
5/jan/15	18:15:00	9,7	0,6	2,8	203,6	35,0	50,0	711,8
5/jan/15	18:30:00	5,1	0,6	2,8	203,6	20,0	50,0	750,3
5/jan/15	18:45:00	9,4	0,6	3,2	203,6	7,0	50,0	714,7
5/jan/15	19:00:00	9,2	0,6	3,2	203,6	7,0	50,0	716,2
5/jan/15	19:15:00	9,0	0,6	0,9	203,6	19,0	50,0	718,4
5/jan/15	19:30:00	7,3	0,6	0,9	203,6	11,0	50,0	732,6
5/jan/15	19:45:00	6,2	0,6	1,8	203,6	7,0	50,0	741,3
5/jan/15	20:00:00	8,2	0,6	1,8	203,6	11,0	50,0	725,0
5/jan/15	20:15:00	4,7	0,6	3,0	203,6	9,0	50,0	753,4
5/jan/15	20:30:00	4,3	0,6	3,0	203,6	5,0	50,0	756,4
5/jan/15	20:45:00	1,6	0,6	0,5	203,6	7,0	50,0	777,8
5/jan/15	21:00:00	3,5	0,6	0,5	203,6	11,0	50,0	762,7
5/jan/15	21:15:00	4,2	0,6	2,8	203,6	3,0	50,0	757,6
5/jan/15	21:30:00	1,3	0,6	2,8	203,6	8,0	50,0	779,9
5/jan/15	21:45:00	0,5	0,6	2,8	203,6	22,0	50,0	785,9
5/jan/15	22:00:00	2,6	0,6	2,8	203,6	25,0	50,0	770,1
5/jan/15	22:15:00	0,8	0,6	1,4	203,6	25,0	50,0	783,4
5/jan/15	22:30:00	3,3	0,6	1,4	203,6	22,0	50,0	764,3
5/jan/15	22:45:00	-0,6	0,6	2,3	203,6	26,0	50,0	794,5
5/jan/15	23:00:00	-0,5	0,5	2,3	203,6	25,0	50,0	668,3
5/jan/15	23:15:00	1,3	0,4	4,1	203,6	34,0	50,0	650,6
5/jan/15	23:30:00	10,3	0,4	4,1	203,6	51,0	50,0	602,7
5/jan/15	23:45:00	9,6	0,4	2,8	203,6	68,0	50,0	626,1

PREVISÃO DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE

Linha: Fratel-Falagueira, a 150 kV
Previsão: V5 T4 R5 (150 kV)
Energia: 3140,8 MVAh
Máximo: 687,1 A
Mínimo: 311,7 A

Cabo	Diam.	Resist.	Secção	Cf.Ef.Pelic.
Bear	23,45	0,0001093	326,12	1,003
Diâmetro de cada fio condutor				3,35
Coefficiente de temperatura - α				0,00403
Emissividade - ϵ				0,6
Constante de Stefan - σ				5,67E-08
Coefficiente Absorção Solar - α_s				0,5
Tensão da Linha (kV)				150

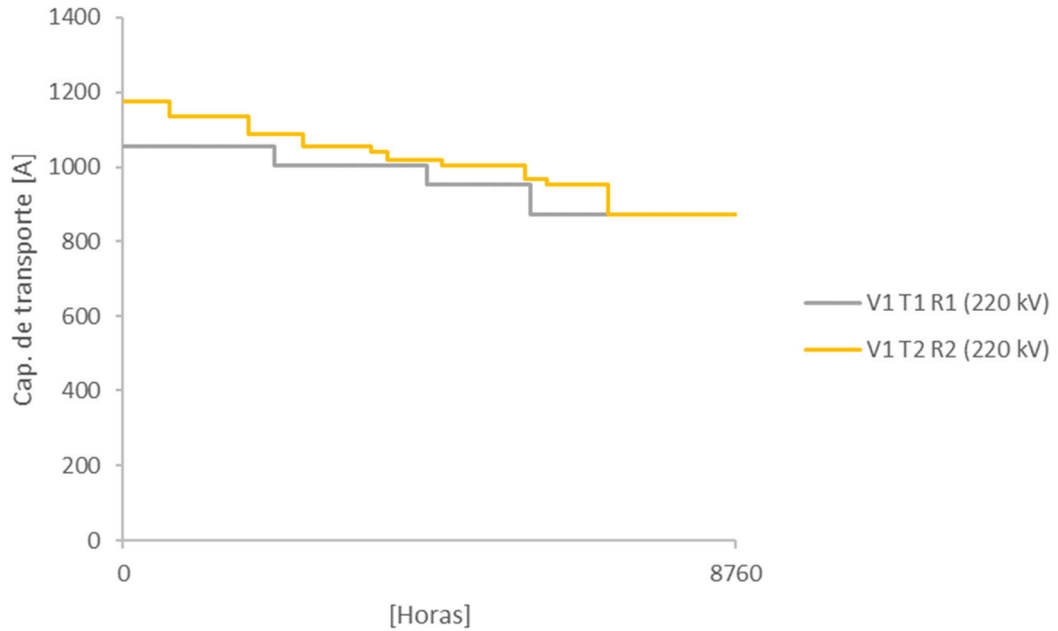


Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V5	R5				
3/jul/15	00:00:00	22,6	0,6	1,4	203,6	56,0	50,0	590,9
3/jul/15	00:15:00	22,6	0,6	2,8	203,6	63,0	50,0	590,5
3/jul/15	00:30:00	18,1	0,6	2,8	203,6	58,0	50,0	635,6
3/jul/15	00:45:00	22,7	0,6	1,4	203,6	67,0	50,0	589,3
3/jul/15	01:00:00	21,6	0,6	1,4	203,6	34,0	50,0	600,8
3/jul/15	01:15:00	19,8	0,6	1,2	203,6	36,0	50,0	619,3
3/jul/15	01:30:00	17,1	0,4	1,2	203,6	37,0	50,0	530,3
3/jul/15	01:45:00	17,3	0,4	1,2	203,6	63,0	50,0	560,9
3/jul/15	02:00:00	18,0	0,4	1,2	203,6	3,0	50,0	463,1
3/jul/15	02:15:00	19,3	0,4	1,2	203,6	14,0	50,0	466,2
3/jul/15	02:30:00	18,4	0,4	1,2	203,6	13,0	50,0	469,9
3/jul/15	02:45:00	19,1	0,4	2,5	203,6	24,0	50,0	492,0
3/jul/15	03:00:00	18,9	0,4	2,5	203,6	46,0	50,0	528,6
3/jul/15	03:15:00	15,8	0,4	0,9	203,6	27,0	50,0	529,0
3/jul/15	03:30:00	14,0	0,6	0,9	203,6	28,0	50,0	674,3
3/jul/15	03:45:00	14,1	0,6	2,8	203,6	20,0	50,0	673,3
3/jul/15	04:00:00	17,3	0,6	2,8	203,6	35,0	50,0	643,4
3/jul/15	04:15:00	15,4	0,6	0,7	203,6	25,0	50,0	661,6
3/jul/15	04:30:00	14,6	0,6	0,7	203,6	21,0	50,0	669,1
3/jul/15	04:45:00	17,3	0,6	0,7	203,6	27,0	50,0	643,5
3/jul/15	05:00:00	16,5	0,6	0,7	203,6	27,0	50,0	650,7
3/jul/15	05:15:00	11,7	0,6	3,0	203,6	15,0	50,0	687,1
3/jul/15	05:30:00	16,9	0,6	3,0	203,6	35,0	50,0	556,8
3/jul/15	05:45:00	16,3	0,5	3,0	203,6	47,0	50,0	548,1
3/jul/15	06:00:00	13,4	0,4	3,0	203,6	67,0	50,0	559,9
3/jul/15	06:15:00	13,0	0,5	8,1	203,6	84,0	50,0	626,8
3/jul/15	06:30:00	14,5	0,5	23,0	203,6	85,0	50,0	602,0
3/jul/15	06:45:00	14,7	0,6	99,2	203,6	79,0	50,0	619,5
3/jul/15	07:00:00	9,9	0,6	73,7	203,6	87,0	50,0	659,8
3/jul/15	07:15:00	13,5	0,5	64,0	203,6	83,0	50,0	604,3
3/jul/15	07:30:00	12,7	0,6	255,8	203,6	88,0	50,0	614,7
3/jul/15	07:45:00	15,8	0,6	258,5	203,6	75,0	50,0	583,0
3/jul/15	08:00:00	12,9	0,6	338,3	203,6	62,0	50,0	618,7
3/jul/15	08:15:00	14,5	0,6	377,8	203,6	70,0	50,0	601,1
3/jul/15	08:30:00	18,1	0,6	402,1	203,6	88,0	50,0	560,2
3/jul/15	08:45:00	17,6	0,6	475,6	203,6	89,0	50,0	552,4
3/jul/15	09:00:00	17,3	0,6	614,6	203,6	73,0	50,0	565,2
3/jul/15	09:15:00	17,7	0,6	535,3	203,6	71,0	50,0	560,2
3/jul/15	09:30:00	16,3	0,6	671,2	203,6	61,0	50,0	573,7
3/jul/15	09:45:00	18,7	0,6	675,4	203,6	61,0	50,0	545,6
3/jul/15	10:00:00	21,5	0,6	707,4	203,6	55,0	50,0	511,7
3/jul/15	10:15:00	20,0	0,6	715,5	203,6	48,0	50,0	529,1
3/jul/15	10:30:00	26,0	0,6	828,9	203,6	54,0	50,0	451,8
3/jul/15	10:45:00	26,2	0,6	834,4	203,6	58,0	50,0	448,0
3/jul/15	11:00:00	27,0	0,6	862,7	203,6	47,0	50,0	437,1
3/jul/15	11:15:00	27,5	0,6	873,6	203,6	36,0	50,0	428,9
3/jul/15	11:30:00	23,9	0,6	914,0	203,6	48,0	50,0	477,5
3/jul/15	11:45:00	27,6	0,6	953,5	203,6	52,0	50,0	427,0
3/jul/15	12:00:00	31,1	0,6	1002,9	203,6	42,0	50,0	370,8
3/jul/15	12:15:00	26,7	0,6	1030,3	203,6	54,0	50,0	439,5

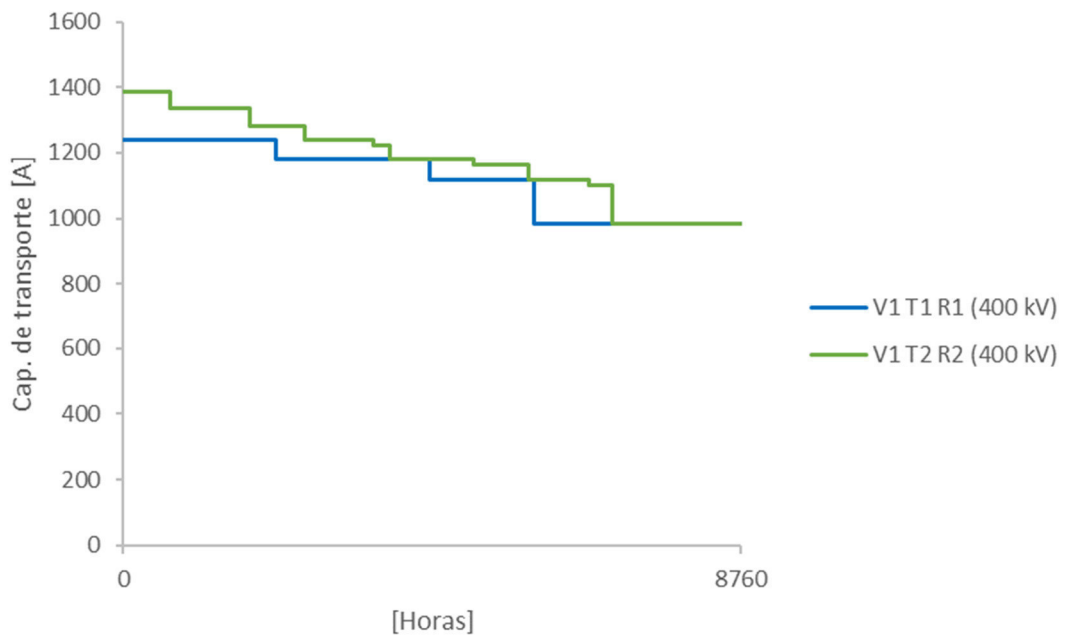
Data	Hora	Temp. Amb. [°C]	Vento [m/s]	Radiação Solar [W/m2]	Altitude [m]	Ângulo Ataque [°]	Temp. do cabo [°C]	Corrente no cabo [A]
		T4	V5	R5				
3/jul/15	12:30:00	27,8	0,6	1000,3	203,6	54,0	50,0	423,0
3/jul/15	12:45:00	31,4	0,6	1004,7	203,6	44,0	50,0	366,5
3/jul/15	13:00:00	30,7	0,6	1015,2	203,6	54,0	50,0	377,1
3/jul/15	13:15:00	28,4	0,6	1066,6	203,6	43,0	50,0	413,8
3/jul/15	13:30:00	30,2	0,6	1024,2	203,6	44,0	50,0	386,6
3/jul/15	13:45:00	28,4	0,6	1009,8	203,6	55,0	50,0	415,6
3/jul/15	14:00:00	30,4	0,6	1070,0	203,6	54,0	50,0	384,0
3/jul/15	14:15:00	32,8	0,6	1016,3	203,6	53,0	50,0	344,2
3/jul/15	14:30:00	30,9	0,6	970,4	203,6	46,0	50,0	377,2
3/jul/15	14:45:00	28,4	0,6	959,4	203,6	48,0	50,0	419,0
3/jul/15	15:00:00	34,1	0,6	967,7	203,6	52,0	50,0	321,9
3/jul/15	15:15:00	29,5	0,6	926,7	203,6	31,0	50,0	403,7
3/jul/15	15:30:00	32,9	0,6	953,4	203,6	24,0	50,0	348,5
3/jul/15	15:45:00	30,8	0,6	877,1	203,6	21,0	50,0	386,0
3/jul/15	16:00:00	35,1	0,6	845,7	203,6	24,0	50,0	311,7
3/jul/15	16:15:00	30,5	0,6	814,8	203,6	8,0	50,0	396,8
3/jul/15	16:30:00	32,6	0,6	755,9	203,6	6,0	50,0	363,8
3/jul/15	16:45:00	34,1	0,6	791,8	203,6	5,0	50,0	339,9
3/jul/15	17:00:00	35,5	0,6	684,9	203,6	4,0	50,0	316,4
3/jul/15	17:15:00	32,7	0,6	708,1	203,6	13,0	50,0	373,1
3/jul/15	17:30:00	33,9	0,6	617,1	203,6	1,0	50,0	357,5
3/jul/15	17:45:00	32,1	0,6	597,9	203,6	8,0	50,0	392,5
3/jul/15	18:00:00	35,3	0,6	603,6	203,6	3,0	50,0	343,1
3/jul/15	18:15:00	34,6	0,6	514,9	203,6	22,0	50,0	364,7
3/jul/15	18:30:00	35,9	0,6	439,7	203,6	10,0	50,0	351,8
3/jul/15	18:45:00	30,0	0,6	371,4	203,6	30,0	50,0	452,4
3/jul/15	19:00:00	30,9	0,6	353,4	203,6	29,0	50,0	447,1
3/jul/15	19:15:00	29,5	0,6	296,5	203,6	34,0	50,0	478,1
3/jul/15	19:30:00	35,1	0,6	241,7	203,6	42,0	50,0	412,1
3/jul/15	19:45:00	33,4	0,6	148,0	203,6	47,0	50,0	449,2
3/jul/15	20:00:00	30,3	0,6	176,2	203,6	46,0	50,0	502,9
3/jul/15	20:15:00	32,6	0,6	62,5	203,6	32,0	50,0	472,3
3/jul/15	20:30:00	32,1	0,6	47,6	203,6	36,0	50,0	478,8
3/jul/15	20:45:00	30,0	0,6	15,2	203,6	48,0	50,0	506,8
3/jul/15	21:00:00	30,0	0,6	15,2	203,6	35,0	50,0	505,8
3/jul/15	21:15:00	26,4	0,6	4,4	203,6	51,0	50,0	549,0
3/jul/15	21:30:00	28,0	0,6	4,4	203,6	36,0	50,0	530,6
3/jul/15	21:45:00	26,4	0,6	1,8	203,6	42,0	50,0	549,2
3/jul/15	22:00:00	26,1	0,6	1,8	203,6	46,0	50,0	552,8
3/jul/15	22:15:00	21,9	0,6	1,8	203,6	37,0	50,0	598,2
3/jul/15	22:30:00	26,0	0,6	1,8	203,6	48,0	50,0	553,1
3/jul/15	22:45:00	21,8	0,6	4,4	203,6	45,0	50,0	599,0
3/jul/15	23:00:00	20,8	0,6	4,4	203,6	53,0	50,0	609,4
3/jul/15	23:15:00	24,1	0,6	2,3	203,6	47,0	50,0	574,8
3/jul/15	23:30:00	21,1	0,6	2,3	203,6	47,0	50,0	605,8
3/jul/15	23:45:00	21,1	0,6	1,8	203,6	48,0	50,0	606,3

Anexo II – Resultados anuais

1. Resultados anuais com *Rating* fixo e *rating* de referência do operador de rede (V1 T1 R1) e (V1 T2 R2)

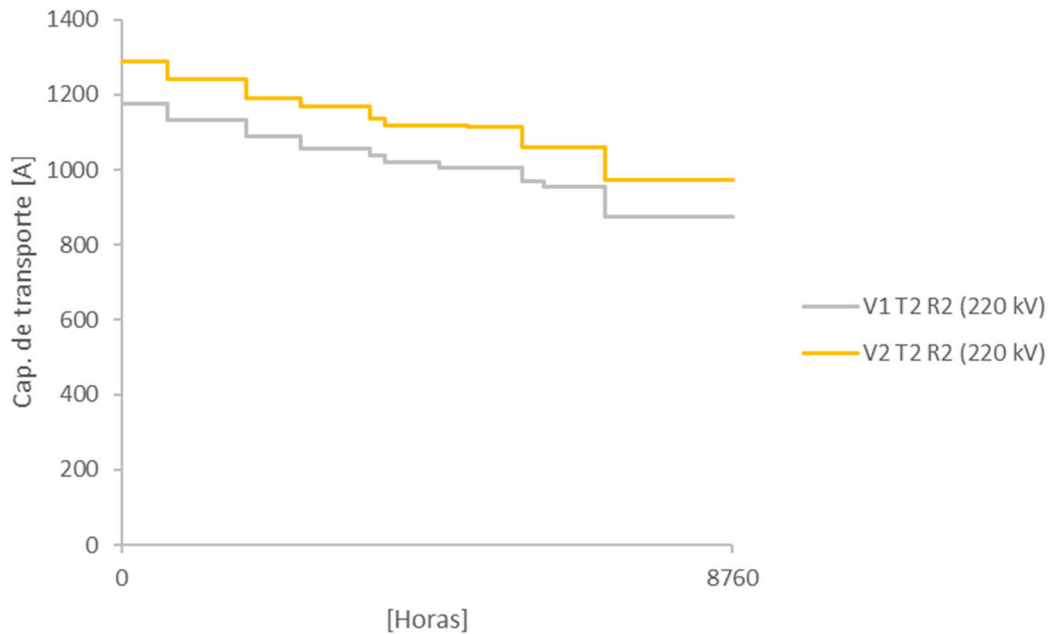


Previsão anual - 220 kV: *Rating* fixo (V1 T1 R1) e *rating* de referência do ORT (V1 T2 R2)

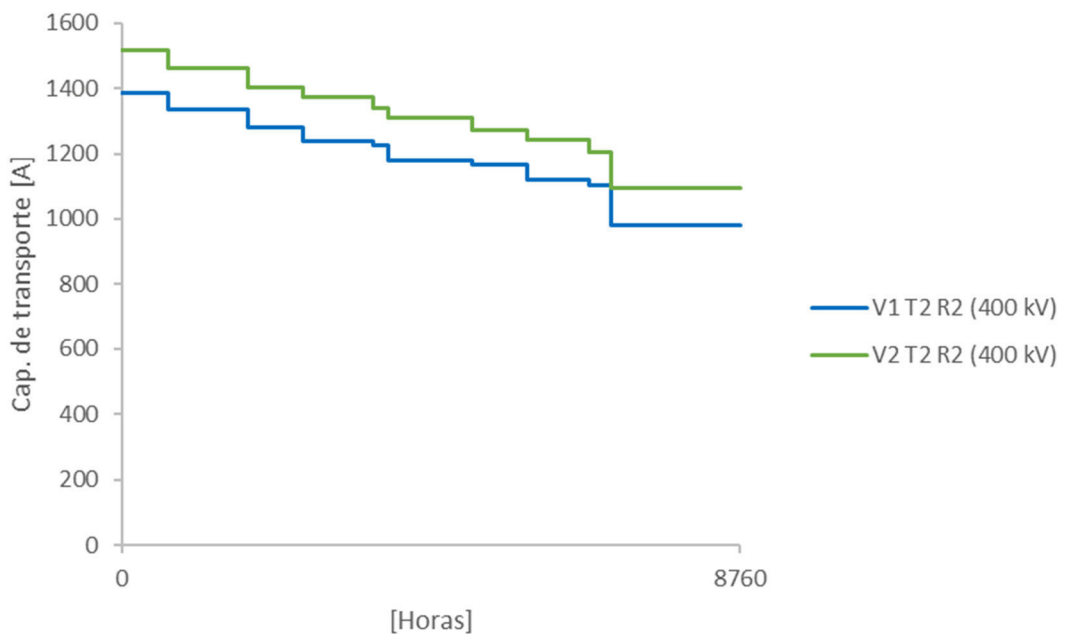


Linha Alqueva-Ferreira, a 400 kV: *Rating* fixo (V1 T1 R1) e *rating* de referência do ORT (V1 T2 R2)

2. Resultados anuais com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2)

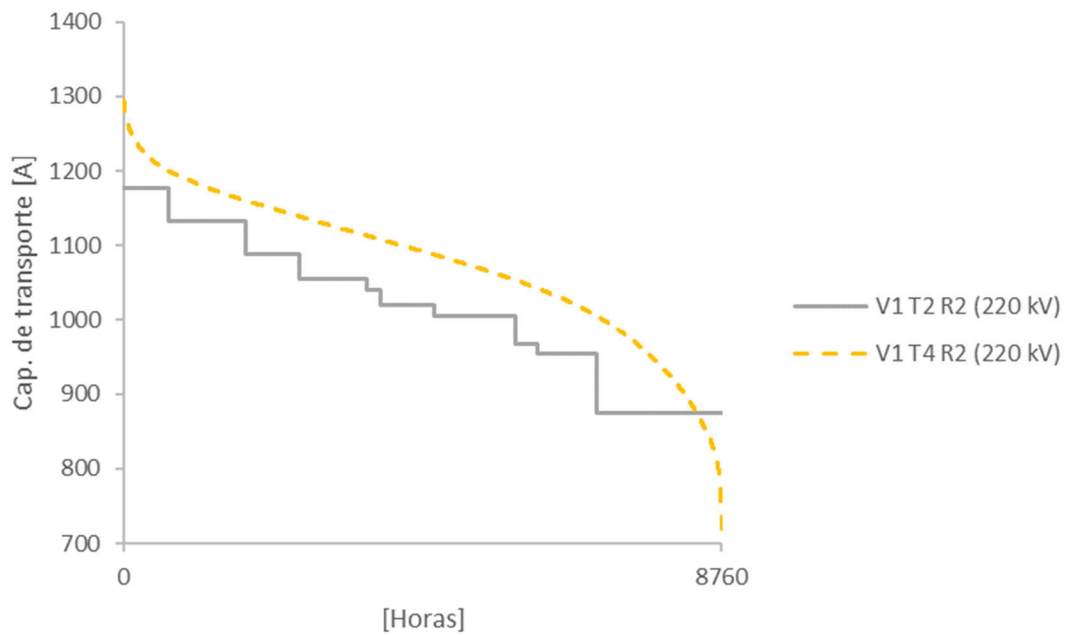


Linha Carregado-Santarém, a 220 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2)

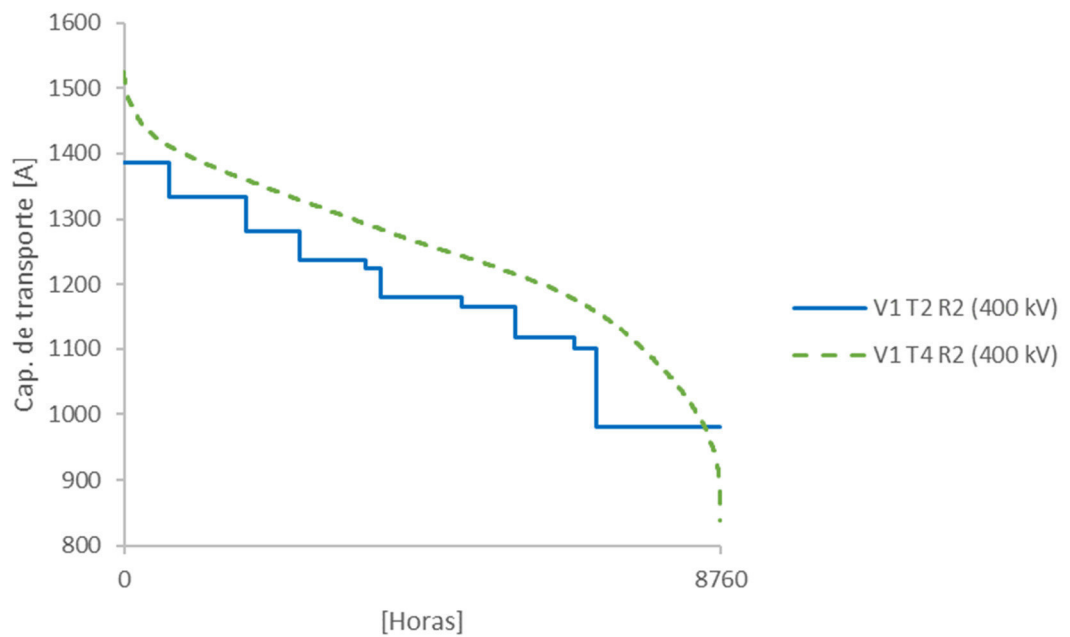


Linha Alqueva-Ferreira, a 400 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com vento de 1 m/s, temperatura de referência e radiação de referência (V2 T2 R2)

3. Resultados anuais com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2)

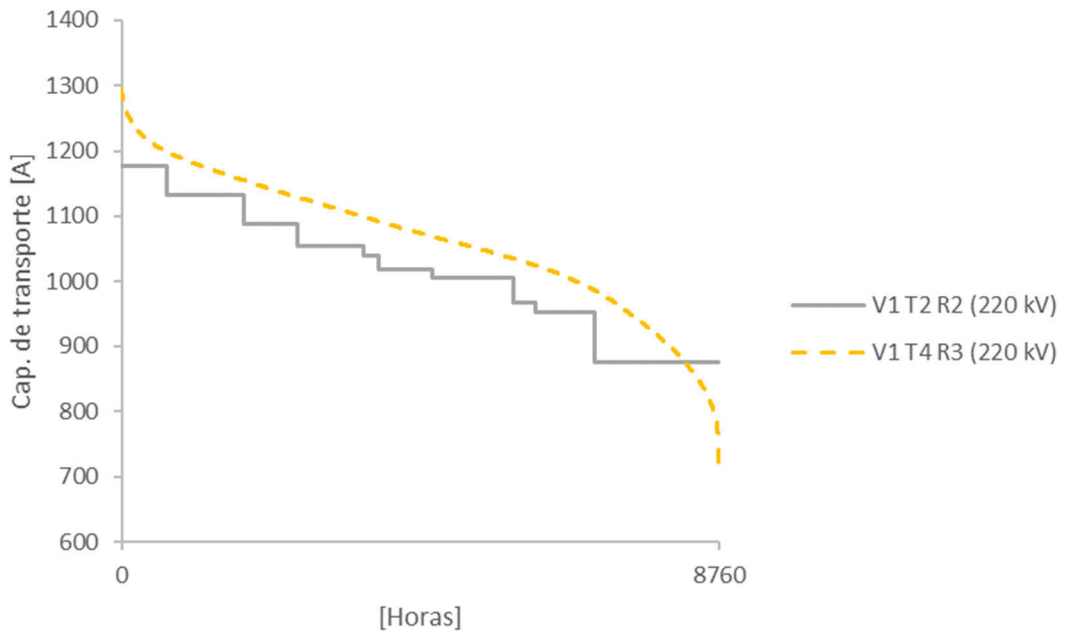


Linha Carregado-Santarém, a 220 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2)

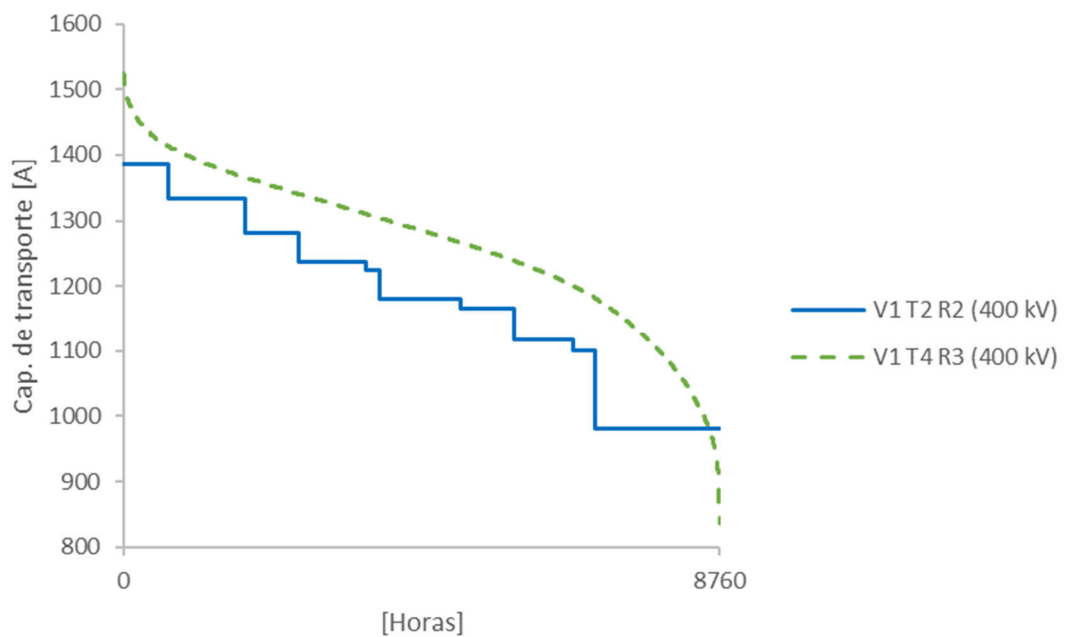


Linha Alqueva-Ferreira, a 400 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar de referência (V1 T4 R2)

4. Resultados anuais com vento fixo, previsão de temperatura e céu limpo (V1 T4 R3)

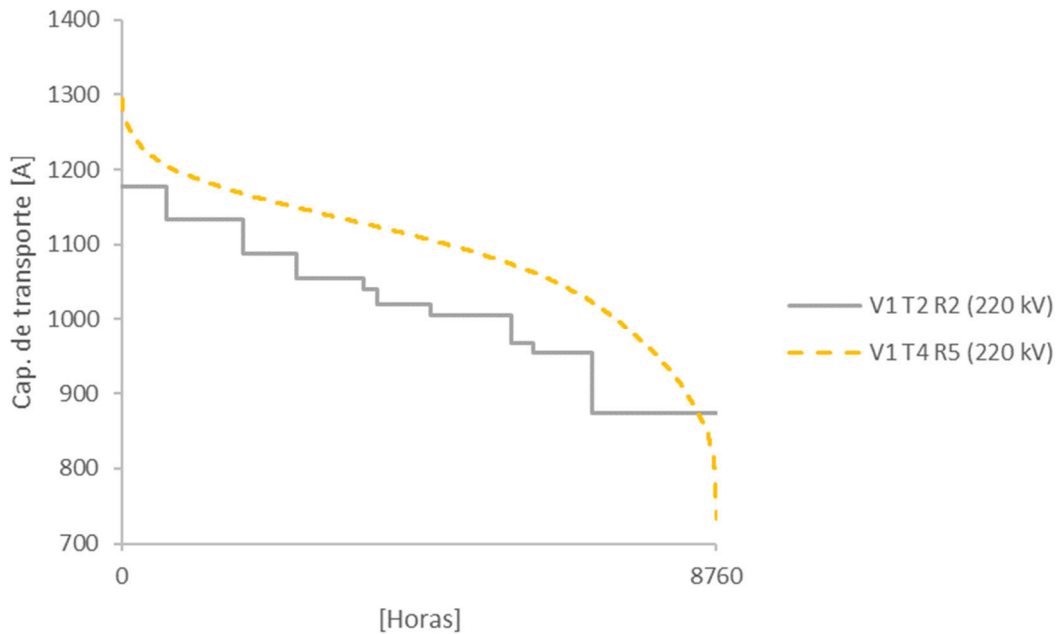


Linha Carregado-Santarém, a 220 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com vento fixo, temperatura prevista e algoritmo de céu limpo (V1 T4 R3)

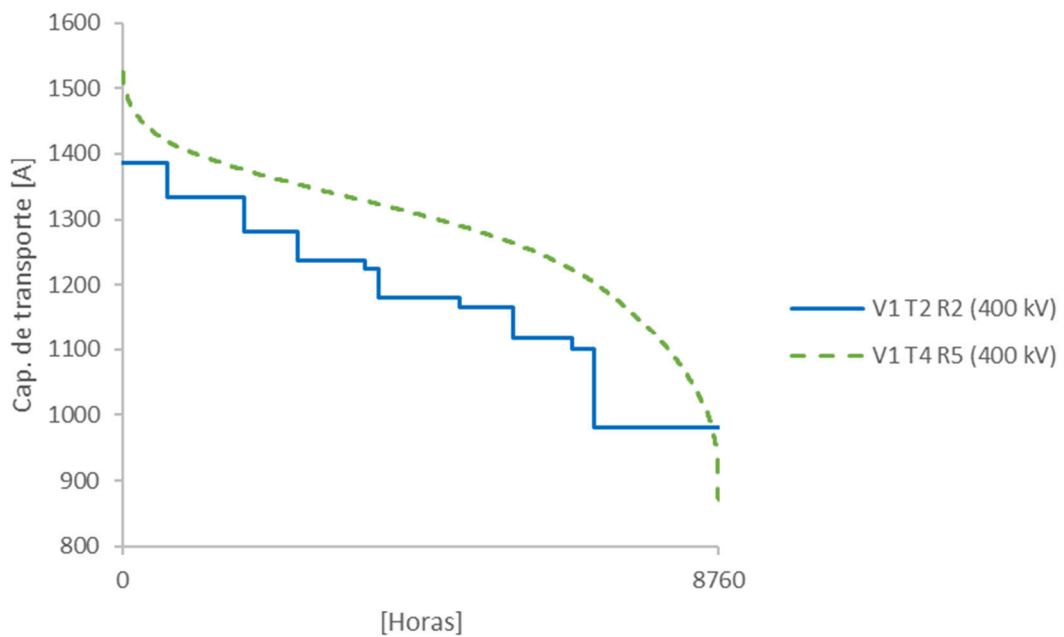


Linha Alqueva-Ferreira, a 400 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com vento fixo, temperatura prevista e algoritmo de céu limpo (V1 T4 R3)

5. Resultados anuais com vento fixo, previsão de temperatura e de radiação solar (V1 T4 R5)

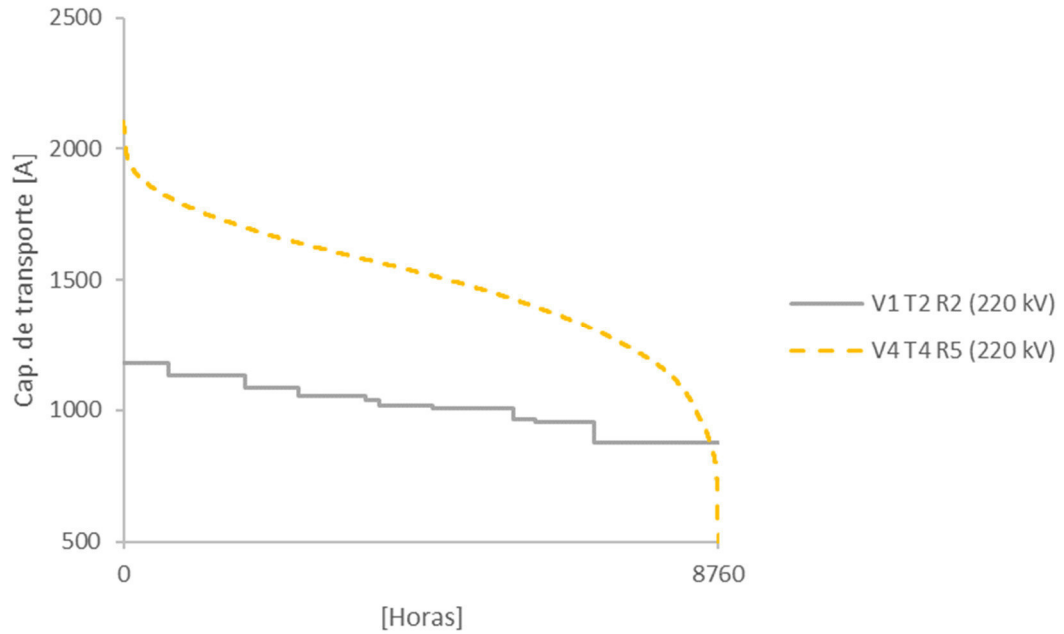


Linha Carregado-Santarém, a 220 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar prevista (V1 T4 R5)

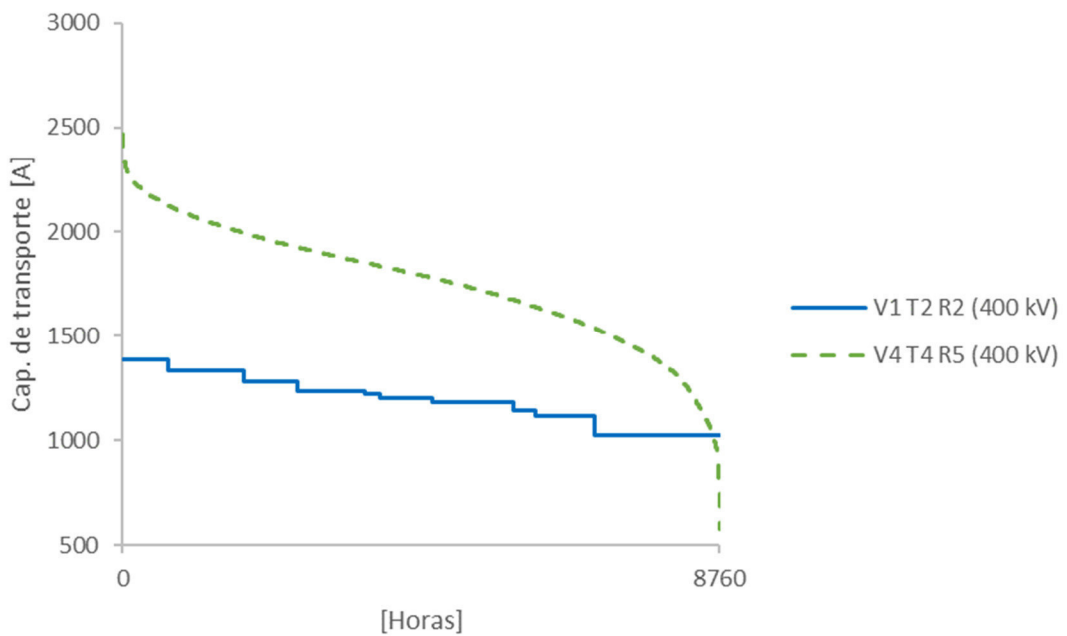


Linha Alqueva-Ferreira, a 400 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com vento fixo, temperatura prevista e radiação solar prevista (V1 T4 R5)

6. Resultados anuais com previsão de velocidade e direcção de vento, de temperatura e de radiação solar (V4 T4 R5)

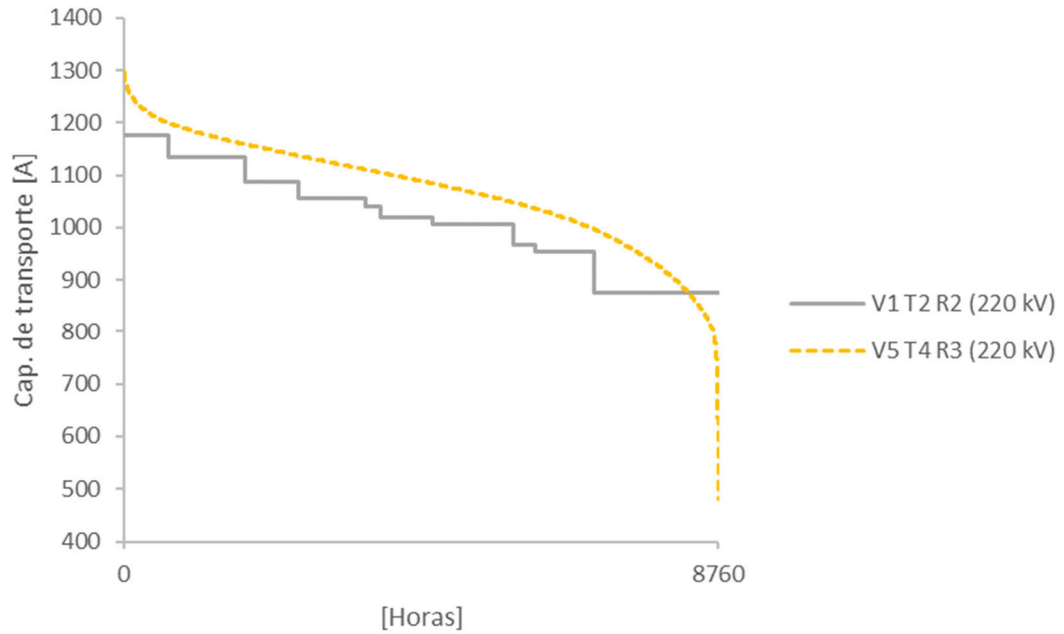


Linha Carregado-Santarém, a 220 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com direcção e velocidade de vento, temperatura e radiação solar previstas (V4 T4 R5)

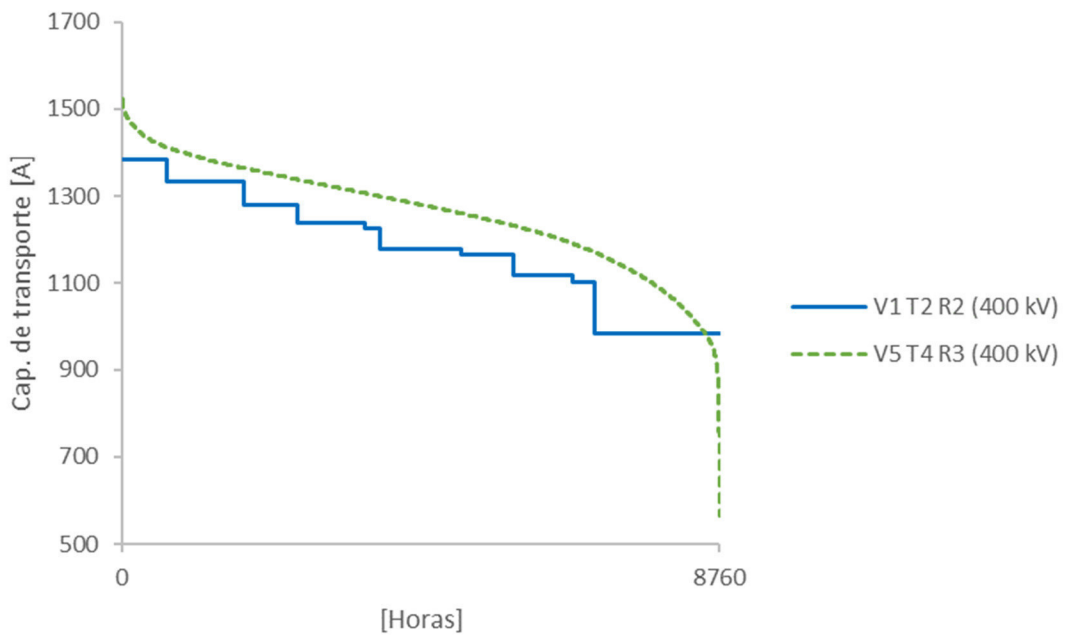


Linha Alqueva-Ferreira, a 400 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com direcção e velocidade de vento, temperatura e radiação solar previstas (V4 T4 R5)

7. Resultados anuais com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e céu limpo (V5 T4 R3)

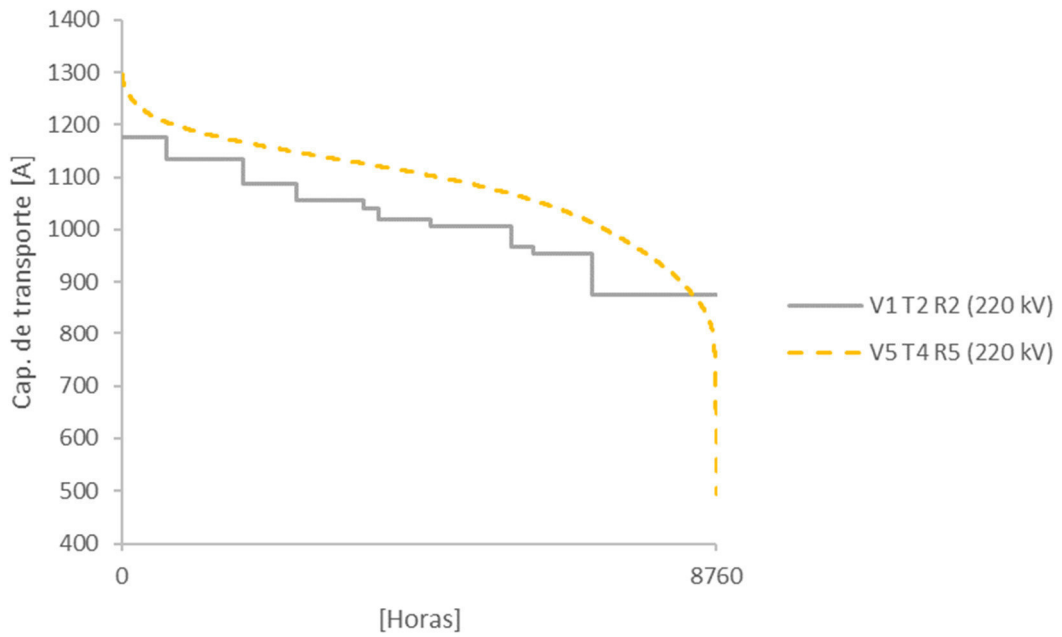


Linha Carregado-Santarém, a 220 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com previsão de velocidade limitada de vento, direcção, temperatura e algoritmo de céu limpo (V5, T4, R3)

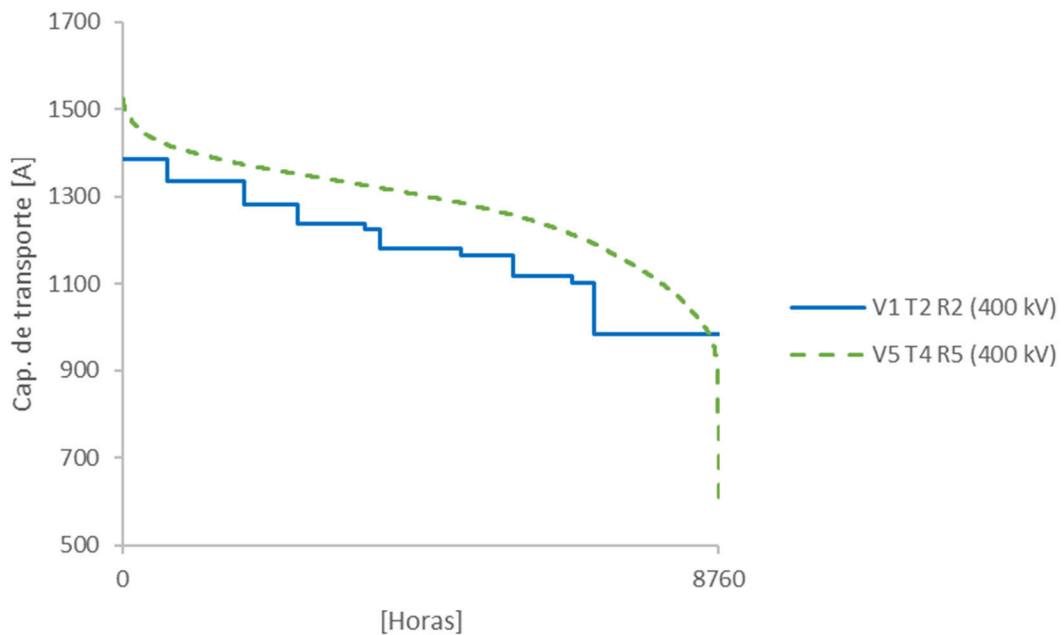


Linha Alqueva-Ferreira, a 400 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com previsão de velocidade limitada de vento, direcção, temperatura e algoritmo de céu limpo (V5, T4, R3)

8. Resultados anuais com previsão de velocidade de vento limitada, de direcção, de temperatura e de radiação solar (V5 T4 R5)



Linha Carregado-Santarém, a 220 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com previsão de velocidade limitada de vento, direcção, temperatura e radiação solar (V5, T4, R5)



Linha Alqueva-Ferreira, a 400 kV: Rating de referência do ORT (V1 T2 R2) e rating com previsão de velocidade limitada de vento, direcção, temperatura e radiação solar (V5, T4, R5)

