

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL**Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020****Cliente: ONS**

A pesquisa que constrói o futuro

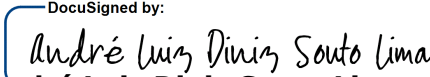
Título: REAVALIAÇÃO DOS INTERVALOS DE DURAÇÃO DOS PATAMARES DE CARGA	Nº de Páginas: 32
	Nº de Anexos: 0

Dados do Cliente: OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS Rua Júlio do Carmo, 251 - Cidade Nova Rio de Janeiro - RJ, CEP: 20211-160
Responsável: Maria Helena Teles de Azevedo e-mail: mhelena@ons.org.br Telefone: 21- 3444-9826

Departamento: Departamento de Otimização Energética e Meio Ambiente - DEA Centro de Lucro: C230000101 Centro de Custo: C203000015

Resumo: O presente relatório técnico apresenta os resultados de um estudo que buscou verificar a necessidade de atualização dos intervalos de duração dos três patamares de carga a partir do histórico de carga horária de energia no período de 2015 a 2019, de forma a verificar e indicar a necessidade de revisão dos intervalos de duração dos patamares definidos para utilização pelos modelos DECOMP e NEWAVE. Os resultados obtidos apontam para a manutenção dos atuais intervalos de duração dos patamares de carga.
--

Autores: José Francisco Moreira Pessanha - Cepel	Palavras-Chave: Patamares de carga Modelos NEWAVE e DECOMP
	Classificação de Acesso: Setorial

Aprovação e data de emissão	Aprovação e data de emissão
 André Luiz Diniz Souto Lima CEPEL 21-3444-9826 Chefe do Departamento de Otimização Energética e Meio Ambiente Tel.: 21-2598-6046 E-mail: diniz@cepel.br	Maurício Barreto Lisboa Diretor de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL www.cepel.br**Sede:** Av. Horácio Macedo, 354 - Cidade Universitária - CEP 21941-911 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil - Tel.: 21 2598-6000**Unidade Adrianópolis:** Av. Olinda, 5800 - Adrianópolis - CEP 26053-121 - Nova Iguaçu - RJ - Brasil - Tel.: 21 2666-6200**Endereço Postal:** CEPEL Caixa Postal 68007 - CEP 21941-971 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil / **Endereço Eletrônico:** cepel@cepel.br

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

Sumário

SUMÁRIO EXECUTIVO	3
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. RESULTADOS	5
2.1 Resultados para janeiro	6
2.2 Resultados para fevereiro.....	8
2.3 Resultados para março	10
2.4 Resultados para abril	12
2.5 Resultados para maio	14
2.6 Resultados para junho	16
2.7 Resultados para julho	18
2.8 Resultados para agosto.....	20
2.9 Resultados para setembro.....	22
2.10 Resultados para outubro	24
2.11 Resultados para novembro	26
2.12 Resultados para dezembro	28
3. CONCLUSÕES	31
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

SUMÁRIO EXECUTIVO

No item 7.4 do Submódulo 5.5 dos Procedimentos de Rede do ONS há uma determinação para a reavaliação anual dos intervalos de duração dos patamares de carga e o consequente recálculo das curvas típicas de carga mensais por subsistema. A reavaliação deve envolver dados de carga dos últimos cinco anos, i.e., do período de 2015 até 2019.

Visando cumprir esta determinação, o presente relatório apresenta os resultados de um estudo que buscou avaliar a necessidade de atualização dos intervalos de duração dos patamares de carga (leve, média e pesada) considerados pelos modelos DECOMP e NEWAVE. As análises realizadas foram baseadas na metodologia apresentada no relatório “Profundidades e durações dos patamares de carga para a operação energética – 2018” da Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico – CPAMP. Tal metodologia foi aplicada aos dados históricos de carga horária de energia no período de 2015 a 2019 e novos intervalos foram calculados.

Os intervalos das durações dos patamares de carga calculados com base nos dados de 2015-2019 são compatíveis com os intervalos vigentes definidos em 2018. Vale ressaltar que os dados utilizados abrangem o período de vigência do horário de verão, encerrado em 2019. Portanto, os resultados alcançados a partir dos dados de carga do SIN para o período 2015-2019 apontam para a manutenção dos atuais intervalos de duração dos patamares de carga para utilização pelos modelos DECOMP e NEWAVE.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

1. INTRODUÇÃO

No item 7.4 do Submódulo 5.5 dos Procedimentos de Rede do ONS há uma determinação para a reavaliação anual dos intervalos de duração dos patamares de carga e o consequente recálculo das curvas típicas de carga mensais por subsistema. A reavaliação deve envolver dados de carga dos últimos cinco anos, i.e., do período de 2015 até 2019. Visando cumprir esta determinação, o presente relatório apresenta os resultados de um estudo que buscou avaliar a necessidade de atualização dos intervalos de duração dos patamares de carga (leve, média e pesada) considerados pelos modelos DECOMP e NEWAVE. Os intervalos de duração dos patamares, atualmente vigentes, são os indicados na Figura 1. Na Figura 2 tem-se o mapa com os intervalos horários dos patamares de carga [1-3].

Patamar de carga	Maio a Agosto		Abril, Setembro e Outubro		Novembro a Março	
	2ª a 6ª feira	Sábado, domingo e feriado	2ª a 6ª feira	Sábado, domingo e feriado	2ª a 6ª feira	Sábado, domingo e feriado
Leve	01ª h à 7ª h	1ª h à 18ª h 23ª h à 24ª h	1ª h à 8ª h	1ª h à 18ª h 23ª h à 24ª h	1ª h à 8ª h	1ª h à 20ª h 24ª h
Média	8ª h à 10ª h 23ª h à 24ª h	19ª h à 22ª h	09ª h à 10ª h 21ª h à 24ª h	19ª h à 22ª h	09ª h à 10ª h 19ª h à 24ª h	21ª h à 23ª h
Pesada	11ª h à 22ª h	-	11ª h à 20ª h	-	11ª h à 18ª h	-

Nota: O intervalo horário é composto pelo primeiro minuto após a hora anterior até a hora seguinte (inclusive). Exemplo: A 1ª hora é considerada do primeiro minuto após a hora 24 do dia anterior até a hora 1 do dia seguinte.

Figura 1. Intervalos horários dos patamares de carga
Fonte: Submódulo 5.5 dos Procedimentos de Rede

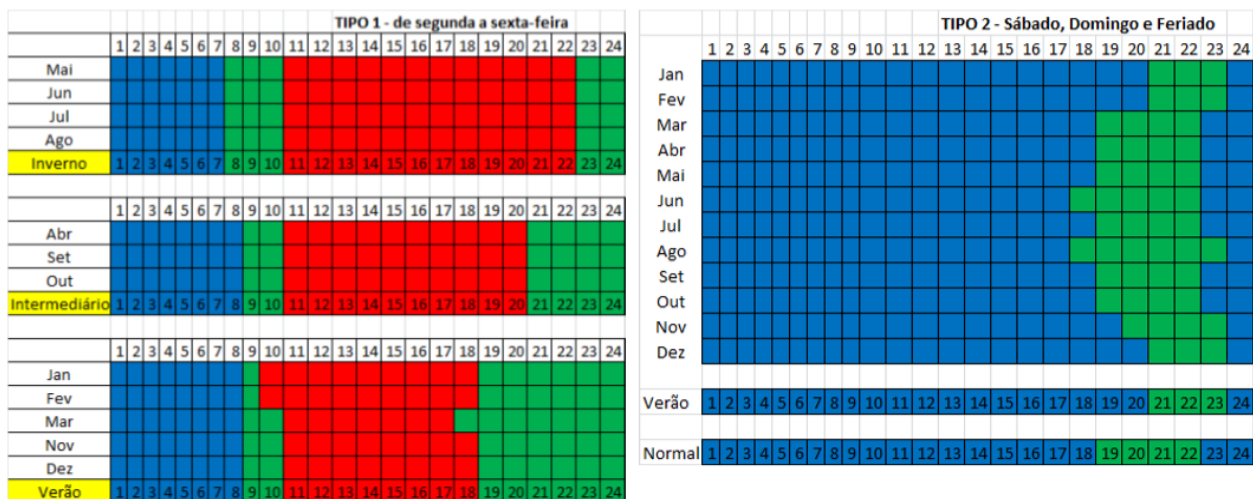


Figura 2. Intervalos horários dos patamares de carga [1-3]

As análises realizadas foram baseadas na metodologia apresentada no relatório “Profundidades e durações dos patamares de carga para a operação energética – 2018” [1] da Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico – CPAMP. Tal metodologia foi aplicada aos dados históricos de carga horária de energia no período de 2015 a 2019 e novos intervalos foram calculados. Na sequência os novos intervalos foram comparados aos intervalos vigentes com o objetivo de avaliar a necessidade de revisão dos intervalos de duração dos patamares.

A seguir, apresentam-se os intervalos horários dos patamares em cada mês, obtidos com dados horários de carga no período de 1 de janeiro de 2015 até 31 de dezembro de 2019.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

2. RESULTADOS

Inicialmente, para cada mês do período 2015-2019 foram calculadas as demandas médias horários em p.u. da demanda média mensal [1-3]. Na sequência, o método *K-Means* [4] foi aplicado em todas as observações horárias de um mesmo mês. Assim, foram realizadas 12 análises de agrupamentos, uma para cada mês do ano, nas quais as observações horárias foram classificadas em três *clusters*. Para cada *cluster* obtido calculam-se o total de elementos e a média das observações pertinentes (centroides). Apesar da associação entre os três *clusters* e os três patamares de carga, vale destacar que os patamares não correspondem exatamente aos *clusters*. Assim, os centroides dos *clusters* são apenas uma primeira estimativa do valor em p.u. do patamar de carga, enquanto a frequência relativa das observações classificadas em cada *cluster* fornece uma indicação prévia da duração do patamar.

Na sequência, os perfis de carga, em cada mês, foram segregados nos tipos 1 (dia útil) e tipo 2 (sábados, domingos e feriados) [1-3]. Os feriados considerados são os mesmos adotados no relatório "Profundidades e durações dos patamares de carga para a operação energética – 2018" [1]. A definição dos intervalos das durações dos patamares é realizada por meio da aplicação do algoritmo descrito a seguir na análise dos *loadplots* [3] (Figura 3), uma representação visual de todos os registros horários da carga para um mesmo mês, ao longo do período 2015-2019:

- i) A duração do patamar pesado deve ter como referência a frequência de observações classificadas pelo *K-Means* [4] no *cluster* com o maior centroide.
- ii) O patamar pesado deve ser unimodal no perfil tipo 1 (dias úteis).
- iii) O patamar pesado abrange as seguintes horas:
 - a. Horas nas quais o valor mediano da carga horária supera o maior centroide.
 - b. Horas adjacentes de horas já classificadas como patamar pesado, mas seguindo a ordem decrescente das medianas até alcançar a duração sugerida pelo *K-Means*.
- iv) O patamar leve abrange as horas nas quais as medianas da carga não ultrapassam o segundo maior centroide.
- v) O patamar médio é composto pelas horas não classificadas como pesadas ou leves.

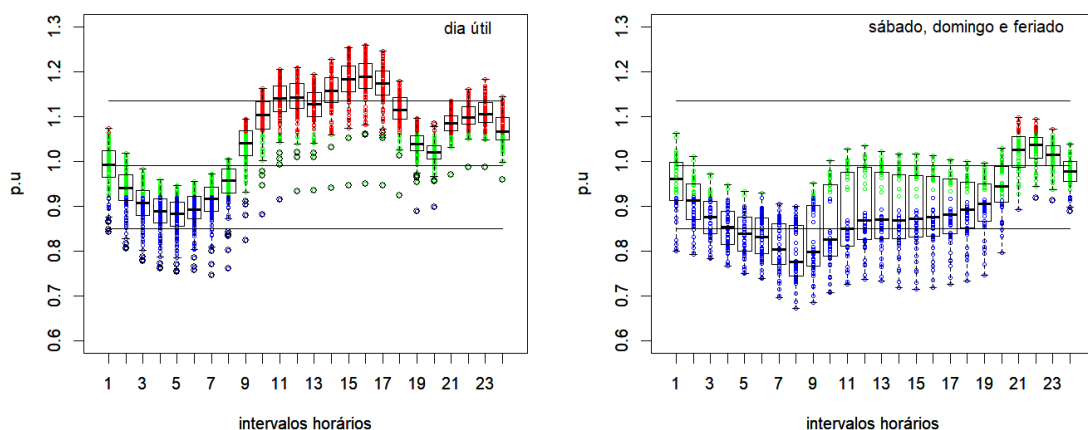


Figura 3. *Loadplots* para os perfis tipo 1 e tipo 2

A seguir, apresentam-se os resultados obtidos para cada mês do ano.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

2.1 Resultados para janeiro

Os novos *loadplots* para janeiro são apresentados nas Figuras 4 e 5.

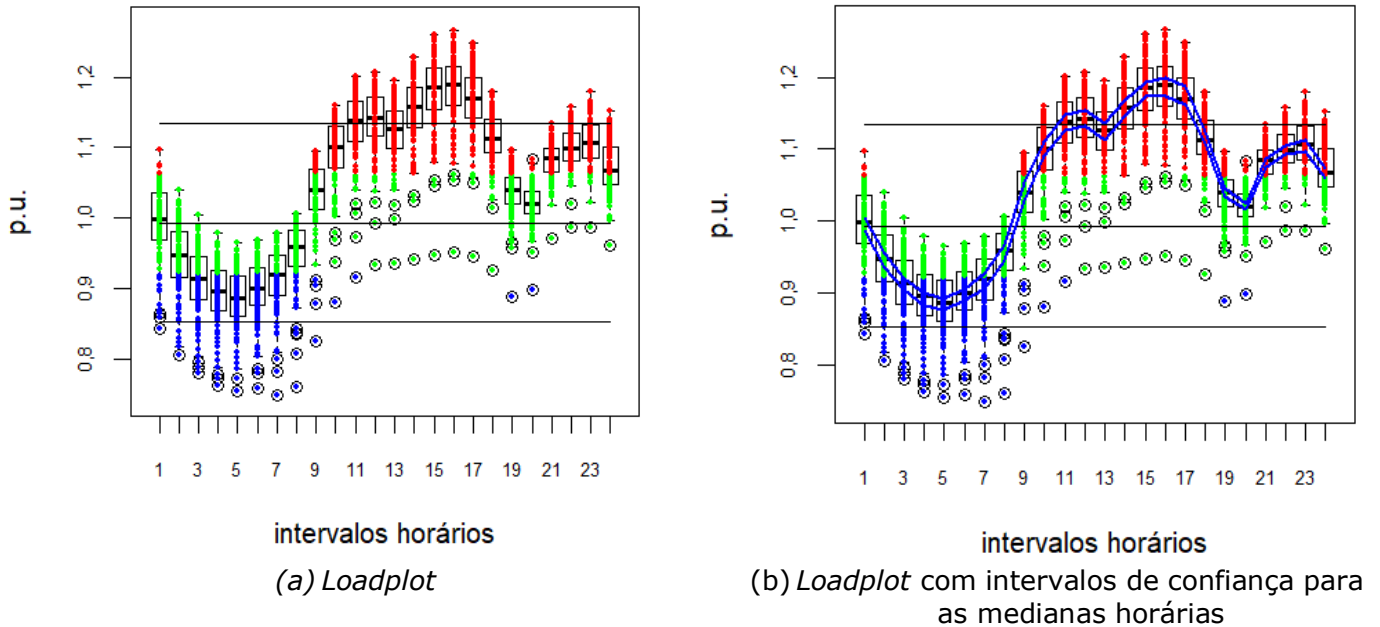


Figura 4. *Loadplot* da carga nos dias úteis

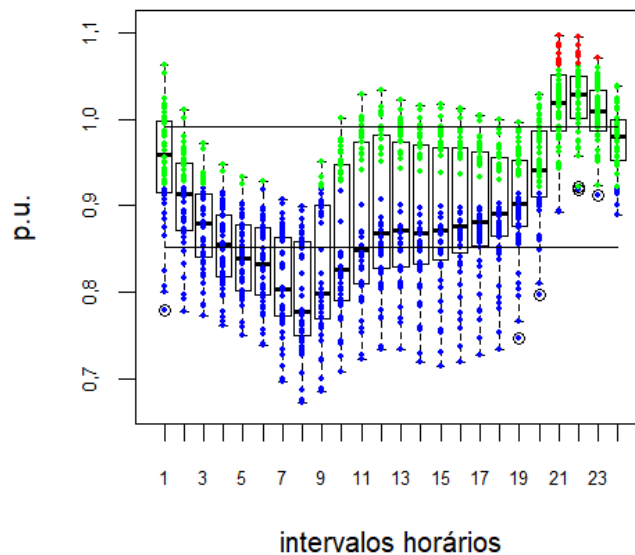


Figura 5. *Loadplot* da carga nos sábados, domingos e feriados

Nas Figuras 4 e 5, cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3720 pontos, todos referentes ao mês de janeiro no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-se um *boxplot* [4] dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior das Figura 4 indicam os centroides dos *clusters*. Já na Figura 5, a linha referente ao maior centroide (*cluster 1*) localiza-se fora da escala do gráfico. As linhas em azul na Figura 4(b) indicam os limites dos intervalos *bootstrap* [5] com 95% de confiança para as medianas horárias. Os

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

3720 registros horários, referentes ao mês de janeiro no período de 2015 até 2019, foram classificados em três *clusters*, cujas frequências são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 *Clusters*

<i>Clusters</i>	1	2	3
Frequência absoluta	1297	1324	1099
Frequência relativa (%)	34,87%	35,59%	29,54%
Frequência relativa x 24 horas	8 horas	9 horas	7 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1347	0,9913	0,8516

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 4 e 5 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 2.

Tabela 2 Intervalos horários dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-18	9-10 e 19-24	1-8
Perfil de carga tipo 2, demais dias		21-23	1-20 e 24

Na Figura 4(a), a mediana do primeiro intervalo horário aparece ligeiramente acima do segundo centroide, porém, conforme indicado pelo intervalo de confiança na Figura 4(b) tal diferença não é significativa e, portanto, o primeiro intervalo horário foi classificado como pertencente ao patamar leve. Já na definição do patamar pesado, a inclusão do 18° intervalo horário teve como objetivo obter um patamar com 8 horas de duração, conforme sugerido pelo *cluster* 1 Tabela 1.

Conforme indicado na Figura 6, o intervalo referente ao patamar pesado no período de verão tem duração de 8 horas, entre 10:00 h e 18:00 h (período do 11° intervalo horário até o 18° intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 2. Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 8:00 h (período do 1° intervalo horário até o 8° intervalo horário). Vale destacar que nos novos resultados o 10° intervalo horário não pertence ao patamar pesado, uma pequena diferença em relação ao resultado para janeiro apresentado na Figura 6, proveniente do relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. Contudo, tal diferença não representa um problema, dado que os intervalos horários na Tabela 2 são compatíveis com os intervalos horários definidos para o período de verão.

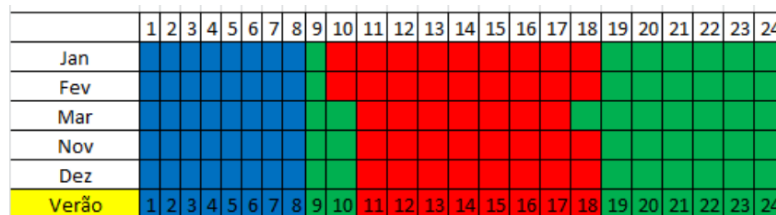


Figura 6. Intervalos dos patamares pesado, médio e leve para os dias úteis no período de verão [1]

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 7, o intervalo referente ao patamar médio no período de verão tem duração de 3 horas, entre 20:00 h e 23:00 h (período do 21° intervalo horário até o 23° intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 2. Logo, para janeiro não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

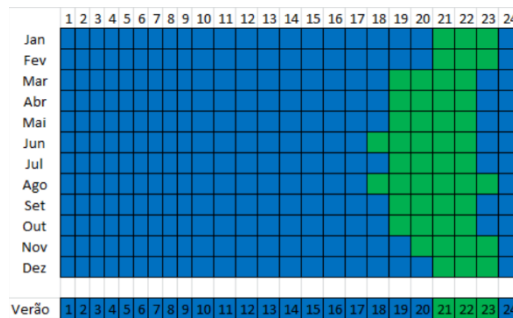


Figura 7. Intervalos dos patamares pesado, médio e leve para sábados, domingos e feriados [1]

2.2 Resultados para fevereiro

A seguir, nas Figuras 8 e 9 são apresentados os novos *loadplots* para fevereiro.

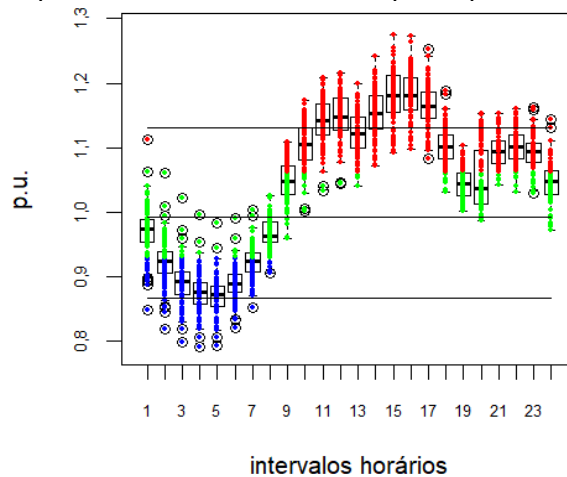


Figura 8. *Loadplot* da carga nos dias úteis

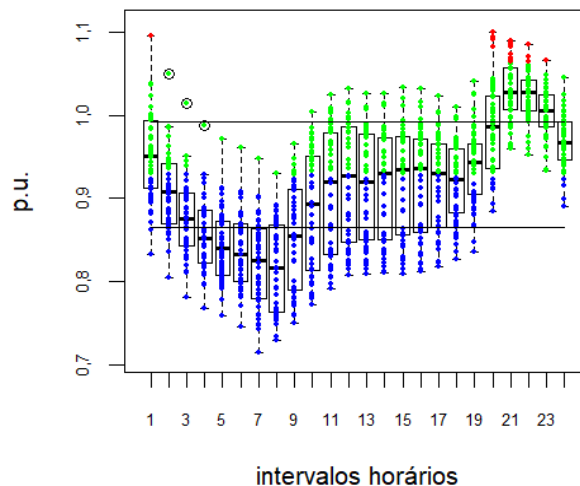


Figura 9. *Loadplot* da carga nos sábados, domingos e feriados

Nas Figuras 8 e 9, cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3384 pontos, todos referentes ao mês de fevereiro no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K-Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

se um *boxplot* dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior da Figura 8 indicam os centroides dos *clusters*. Já na Figura 9, a linha referente ao maior centroide localiza-se fora da escala do gráfico. Os 3384 registros horários, referentes ao mês de fevereiro no período de 2015 até 2019, foram classificados em três *clusters*, cujas frequências são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 *Clusters*

<i>Clusters</i>	1	2	3
Frequência absoluta	1190	1065	1129
Frequência relativa (%)	35,17%	31,47%	33,36%
Frequência relativa x 24 horas	8 horas	8 horas	8 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1310	0,9945	0,8671

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 8 e 9 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 4. Na definição do patamar pesado, a inclusão do 18° intervalo horário teve como objetivo obter um patamar com 8 horas de duração, conforme sugerido pela análise de agrupamentos na Tabela 3.

Tabela 4 Intervalos horários dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-18	9-10 e 19-24	1-8
Perfil de carga tipo 2, demais dias		21-23	1-20 e 24

Conforme indicado na Figura 10, o intervalo referente ao patamar pesado no período de verão tem duração de 8 horas, entre 10:00 h e 18:00 h (período do 11° intervalo horário até o 18° intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 4. Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 8:00 h (período do 1° intervalo horário até o 8° intervalo horário). Vale destacar que nos novos resultados o 10° intervalo horário não pertence ao patamar pesado, uma pequena diferença em relação ao resultado para fevereiro apresentado na Figura 10, proveniente do relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. Contudo, tal diferença não representa um problema, dado que os intervalos horários na Tabela 4 são compatíveis com os intervalos horários definidos para o período de verão.

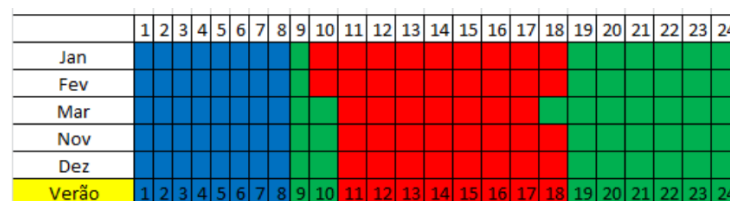


Figura 10. Intervalos dos patamares pesado, médio e leve para os dias úteis no período do verão [1]

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 11, o intervalo referente ao patamar médio no período de verão tem duração de 3 horas, entre 20:00 h e 23:00 h (período do 21° intervalo horário até o 23° intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 4. Logo, para fevereiro não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

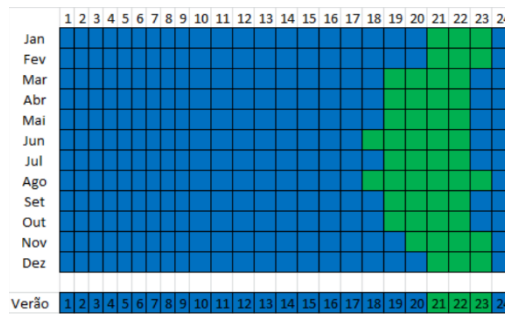


Figura 11. Intervalos dos patamares pesado, médio e leve para sábados, domingos e feriados [1]

2.3 Resultados para março

A seguir, nas Figuras 12 e 13 são apresentados os novos *loadplots* para março.

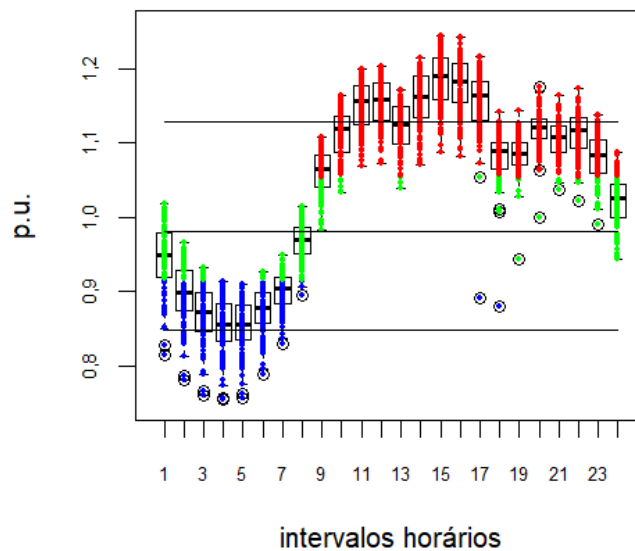


Figura 12. *Loadplot* da carga nos dias úteis

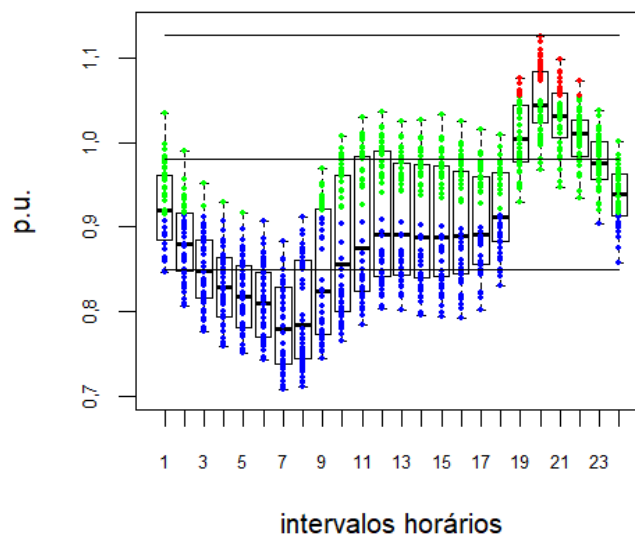


Figura 13. *Loadplot* da carga nos sábados, domingos e feriados

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

Nas Figuras 12 e 13, cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3720 pontos, todos referentes ao mês de março no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K-Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-se um *boxplot* dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior das Figuras 12 e 13 indicam os centroides dos *clusters*. As frequências dos *clusters* são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 *Clusters*

<i>Clusters</i>	1	2	3
Frequência absoluta	1568	954	1198
Frequência relativa (%)	42,15%	25,65%	32,20%
Frequência relativa x 24 horas	10 horas	6 horas	8 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1276	0,9804	0,8487

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 12 e 13 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 6.

Tabela 6 Intervalos horários dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-17	9-10 e 18-24	1-8
Perfil de carga tipo 2, demais dias		19-22	1-18 e 23-24

Conforme indicado na Figura 14, no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1] o patamar pesado para março tem duração de 7 horas, entre 10:00 h e 17:00 h (período do 11° intervalo horário até o 17° intervalo horário). Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 8:00 h (período do 1° intervalo horário até o 8° intervalo horário). Portanto, os patamares apresentados na Tabela 6 para os dias úteis são compatíveis com os patamares originalmente definidos em [1] para o período de verão.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Fev	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Mar	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Nov	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Dez	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Verão	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue

Figura 14. Intervalos dos patamares pesado, médio e leve para os dias úteis no período de verão [1]

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 15, o intervalo referente ao patamar médio em março tem duração de 4 horas, entre 18:00 h e 22:00 h (período do 19° intervalo horário até o 22° intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 6. Logo, para março não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

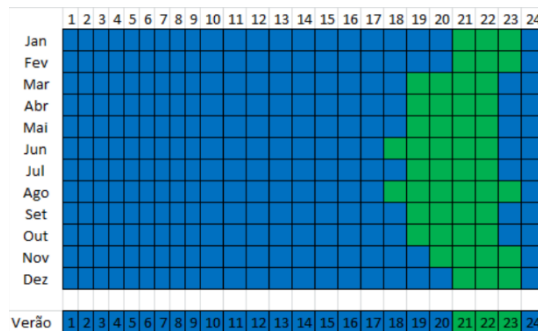


Figura 15. Intervalos dos patamares pesado, médio e leve para sábados, domingos e feriados [1]

2.4 Resultados para abril

A seguir, nas Figuras 16 e 17 são apresentados os novos *loadplots* para abril.

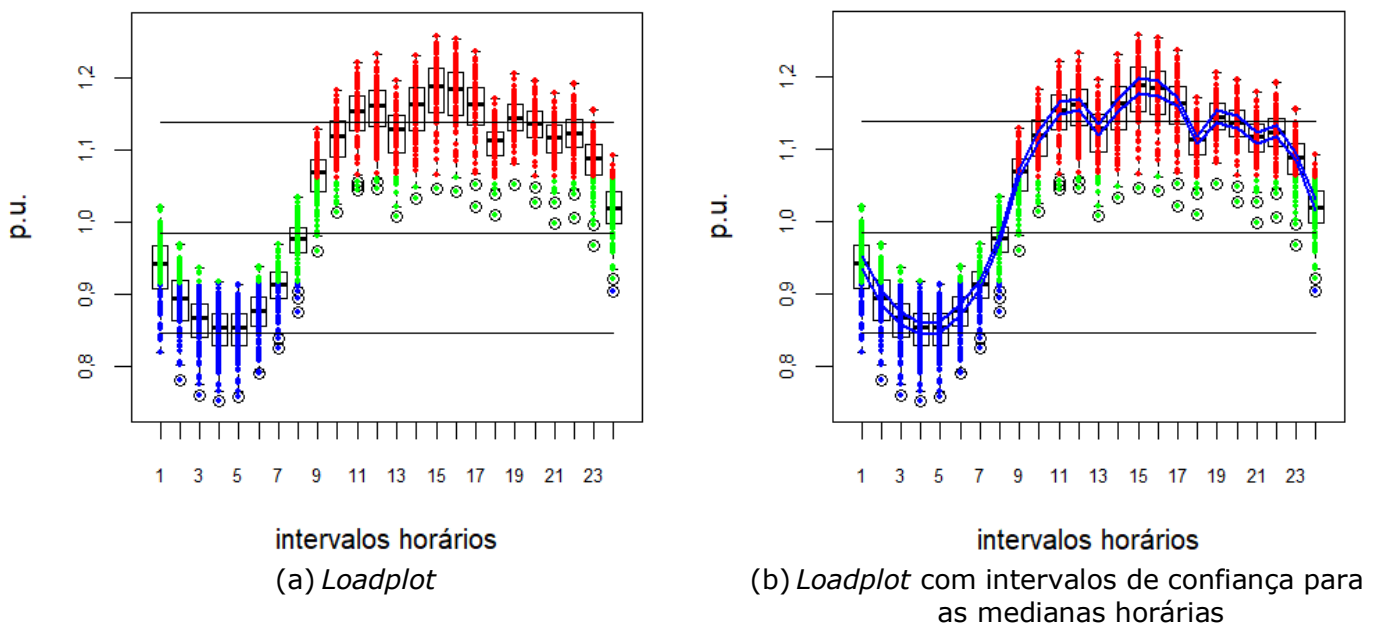


Figura 16. *Loadplot* da carga nos dias úteis

Nas Figuras 16 e 17, cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3600 pontos, todos referentes ao mês de abril no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K-Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-se um *boxplot* dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior das Figuras 16 e 17 indicam os centroides dos *clusters*. Os 3600 registros horários, referentes ao mês de abril no período de 2015 até 2019, foram classificados em três *clusters*, cujas frequências são apresentadas na Tabela 7.

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 16 e 17 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 8. Na Figura 16(a), a mediana do 20º intervalo horário aparece ligeiramente abaixo do segundo centroide, porém, conforme indicado pelo intervalo de confiança na Figura 16(b) tal diferença não é significativa e, portanto, o 20º intervalo horário pode ser classificado como pertencente ao

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

patamar pesado para formar um patamar com duração de 10 horas. compatível com o resultado da análise de agrupamentos na Tabela 7.

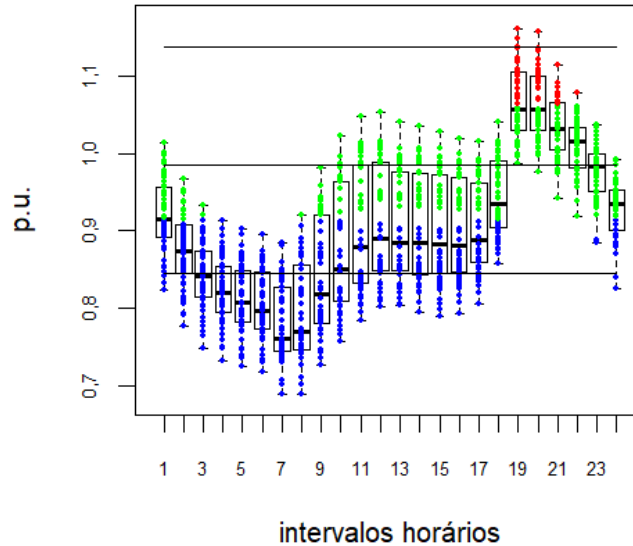


Figura 17. Loadplot da carga nos sábados, domingos e feriados

Tabela 7 Clusters

Clusters	1	2	3
Frequência absoluta	1463	925	1212
Frequência relativa (%)	40,6%	25,7%	33,7%
Frequência relativa x 24 horas	10 horas	6 horas	8 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1374	0,9849	0,8457

Tabela 8 Intervalos horários dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-20	9-10 e 21-24	1-8
Perfil de carga tipo 2, demais dias		19-22	1-18 e 23-24

Conforme indicado na Figura 18, o intervalo referente ao patamar pesado no período intermediário tem duração de 10 horas, entre 10:00 h e 20:00 h (período do 11º intervalo horário até o 20º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 8. Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 8:00 h (período do 1º intervalo horário até o 8º intervalo horário).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Abr	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green
Set	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green
Out	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green
Intermediário	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green

Figura 18. Intervalos dos patamares para os dias úteis no período intermediário [1]

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 19, o intervalo referente ao patamar médio em abril tem duração de 4 horas, entre 18:00 h e 22:00 h (período do 19º intervalo horário até o 22º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 8. Logo, para abril não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

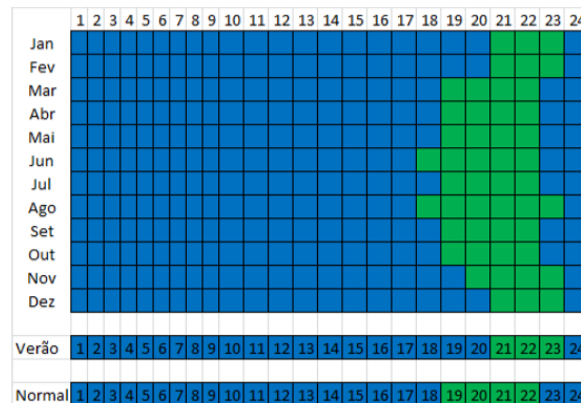
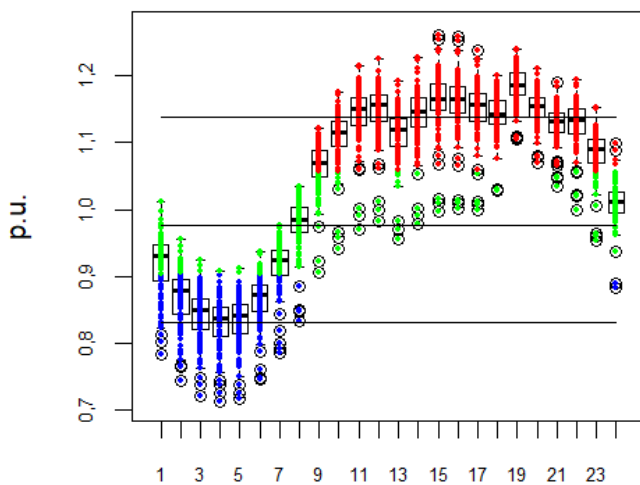


Figura 19. Intervalos dos patamares pesado, médio e leve para sábados, domingos e feriados [1]

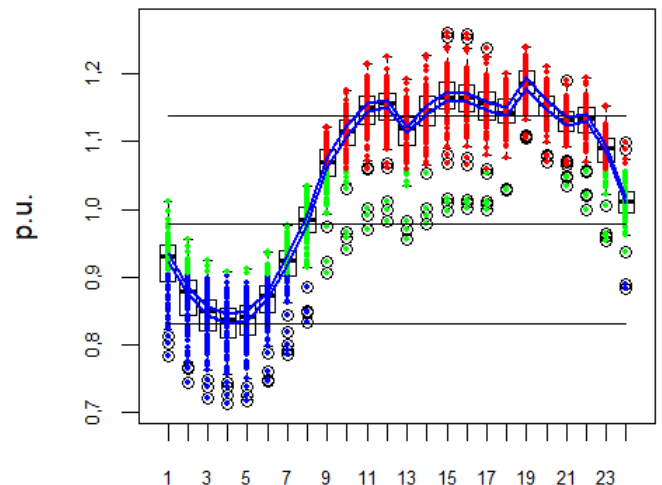
2.5 Resultados para maio

A seguir, nas Figuras 20 e 21 são apresentados os novos *loadplots* para maio, nas quais cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3720 pontos, todos referentes ao mês de maio no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K-Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-se um *boxplot* dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior das Figuras 20 e 21 indicam os centroides dos *clusters*.



intervalos horários

(a) *Loadplot*



intervalos horários

(b) *Loadplot* com intervalos de confiança para as medianas horárias

Figura 20. *Loadplot* da carga nos dias úteis

Os 3720 registros horários, referentes ao mês de maio no período de 2015 até 2019, foram classificados em três *clusters*, cujas frequências são apresentadas na Tabela 9.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

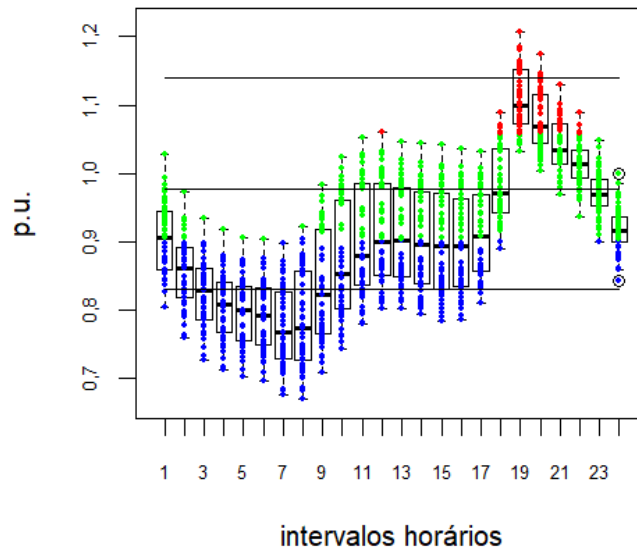


Figura 21. Loadplot da carga nos sábados, domingos e feriados

Tabela 9 Clusters

Clusters	1	2	3
Frequência absoluta	1586	953	1181
Frequência relativa (%)	42,6%	25,6%	31,7%
Frequência relativa x 24 horas	10 horas	6 horas	8 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1392	0,9777	0,8311

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 20 e 21 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 10. Na Figura 20(a), a mediana do 22º intervalo horário aparece ligeiramente abaixo do segundo centroide, porém, conforme indicado pelo intervalo de confiança na Figura 20(b) tal diferença não é significativa e, portanto, o 22º intervalo horário pode ser classificado como pertencente ao patamar pesado.

Tabela 10 Intervalos dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-22	8-10 e 23-24	1-7
Perfil de carga tipo 2, demais dias		19-22	1-18 e 23-24

Conforme indicado na Figura 22, o intervalo referente ao patamar pesado no período de inverno tem duração de 12 horas, entre 10:00 h e 22:00 h (período do 11º intervalo horário até o 22º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 10. Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 7:00 h (período do 1º intervalo horário até o 7º intervalo horário).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mai	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado
Jun	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado
Jul	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado
Ago	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado
Inverno	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Leve	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado	Pesado

Figura 22. Intervalos dos patamares para os dias úteis no período de inverno [1]

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 23, o intervalo referente ao patamar médio em maio tem duração de 4 horas, entre 18:00 h e 22:00 h (período do 19º intervalo horário até o 22º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 10. Logo, para maio não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

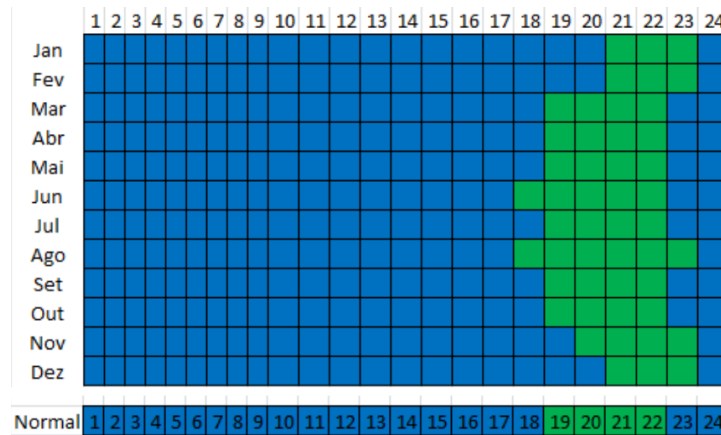


Figura 23. Intervalos dos patamares para sábados, domingos e feriados no período normal [1]

2.6 Resultados para junho

A seguir, nas Figuras 24 e 25 são apresentados os novos *loadplots* para junho.

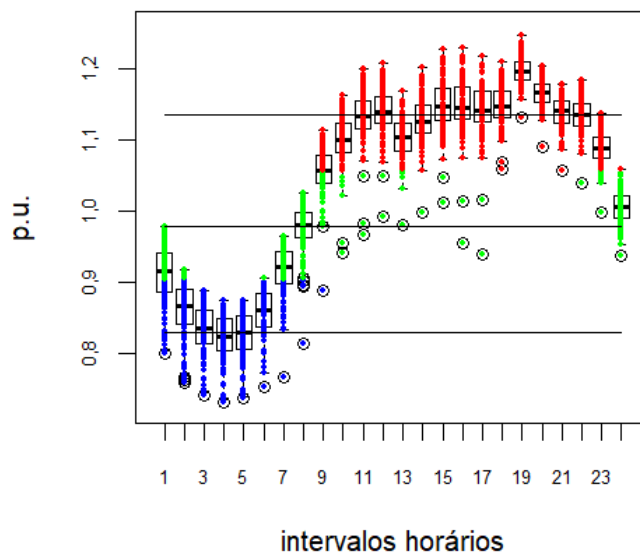


Figura 24. *Loadplot* da carga nos dias úteis

Nas Figuras 24 e 25, cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3600 pontos, todos referentes ao mês de junho no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K-Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-se um *boxplot* dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior das Figuras 24 e 25 indicam os centroides dos *clusters*. Os 3600 registros horários, referentes ao mês de junho no período de 2015 até 2019, foram classificados em três *clusters*, cujas frequências são apresentadas na Tabela 11.

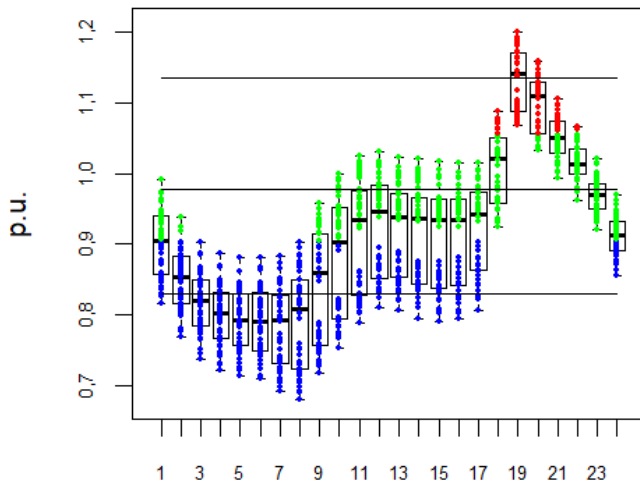
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

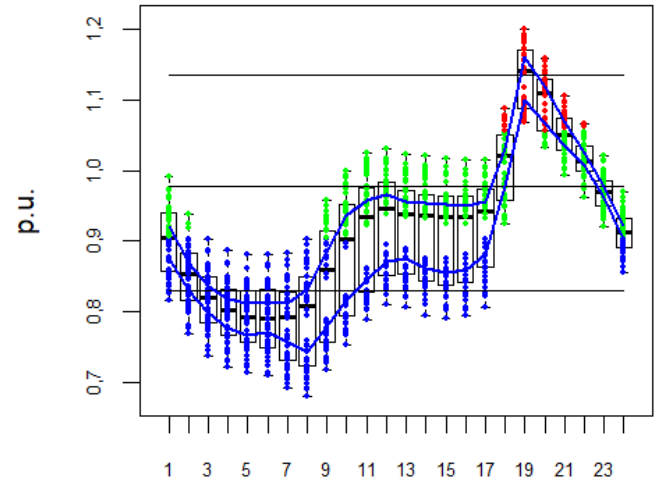
Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro



intervalos horários
(a) Loadplots



intervalos horários
(b) Loadplots com intervalos de confiança para as medianas horárias

Figura 25. Loadplot da carga nos sábados, domingos e feriados

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 24 e 25 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 12. Na Figura 25(a), a mediana do 19º intervalo horário aparece ligeiramente acima do maior centroide (*cluster* 1), porém, conforme indicado pelo intervalo de confiança na Figura 25(b) tal diferença não é significativa e, portanto, o 19º intervalo horário foi classificado como pertencente ao patamar médio.

Tabela 11 Clusters

Clusters	1	2	3
Frequência absoluta	1586	866	1148
Frequência relativa (%)	44,1%	24,1%	31,8%
Frequência relativa x 24 horas	11 horas	6 horas	8 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1353	0,9777	0,8299

Tabela 12 Intervalos dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-22	8-10 e 23-24	1-7
Perfil de carga tipo 2, demais dias		18-22	1-17 e 23-24

Conforme indicado na Figura 26, o intervalo referente ao patamar pesado no período de inverno tem duração de 12 horas, entre 10:00 h e 22:00 h (período do 11º intervalo horário até o 22º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 12. Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 7:00 h (período do 1º intervalo horário até o 7º intervalo horário).

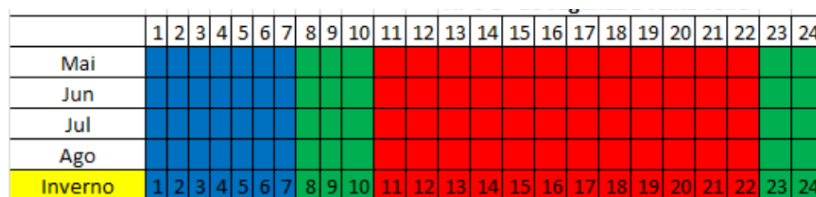


Figura 26. Intervalos dos patamares para os dias úteis no período de inverno [1]

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 27, o intervalo referente ao patamar médio em junho tem duração de 5 horas, entre 17:00 h e 22:00 h (período do 18º intervalo horário até o 22º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 12. Logo, para junho não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

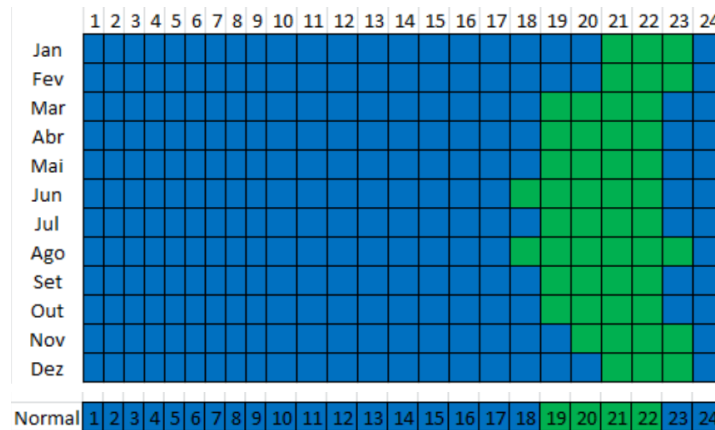


Figura 27. Intervalos dos patamares para sábados, domingos e feriados no período normal [1]

2.7 Resultados para julho

A seguir, nas Figuras 27 e 28 são apresentados os novos *loadplots* para julho.

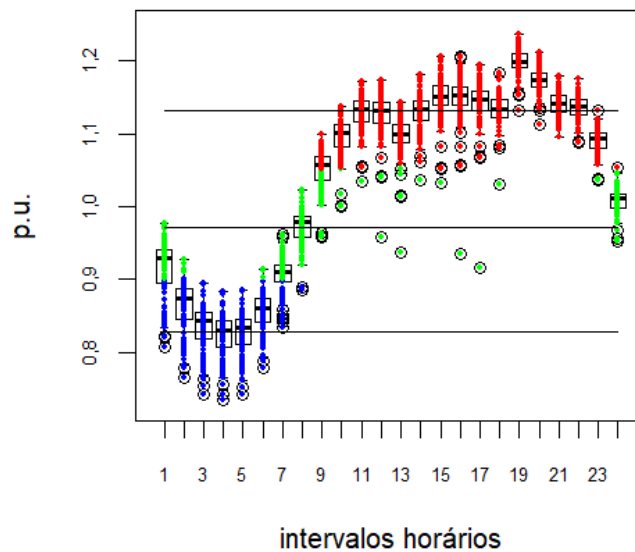


Figura 28. *Loadplot* da carga nos dias úteis

Nas Figuras 28 e 29, cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3720 pontos, todos referentes ao mês de julho no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-se um *boxplot* dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior das Figuras 28 e 29 indicam os centroides dos *clusters*. Os 3720 registros horários, referentes ao mês de julho no período de 2015 até 2019, foram classificados em três *clusters*, cujas frequências são apresentadas na Tabela 13.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

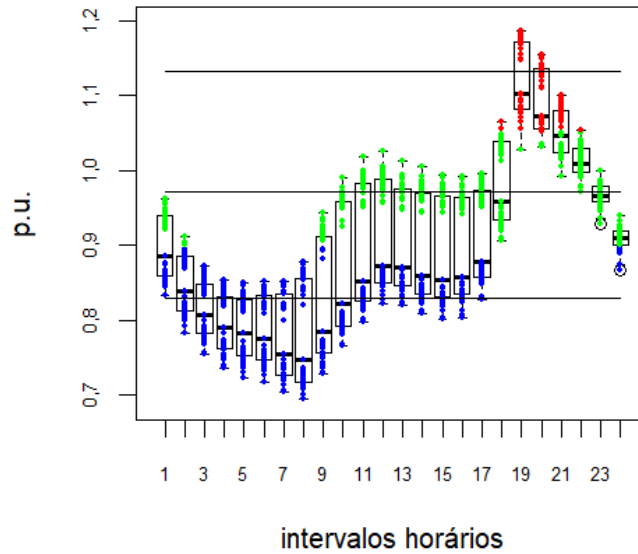


Figura 29. Loadplot da carga nos sábados, domingos e feriados

Tabela 13 Patamares e durações

Clusters	1	2	3
Frequência absoluta	1690	866	1164
Frequência relativa (%)	45,4%	23,3%	31,3%
Frequência relativa x 24 horas	11 horas	6 horas	8 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1325	0,9719	0,8285

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 28 e 29 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 14.

Tabela 14 Intervalos dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-22	8-10 e 23-24	1-7
Perfil de carga tipo 2, demais dias		19-22	1-18 e 23-24

Conforme indicado na Figura 30, o intervalo referente ao patamar pesado no período de inverno tem duração de 12 horas, entre 10:00 h e 22:00 h (período do 11º intervalo horário até o 22º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 14. Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 7:00 h (período do 1º intervalo horário até o 7º intervalo horário).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mai	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Jun	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Jul	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Ago	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Inverno	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red

Figura 30. Intervalos dos patamares para os dias úteis no período de inverno [1]

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 31, o intervalo referente ao patamar médio em julho tem duração de 4 horas, entre 18:00 h e 22:00 h (período do 19º intervalo horário até o 22º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 14. Logo, para julho não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

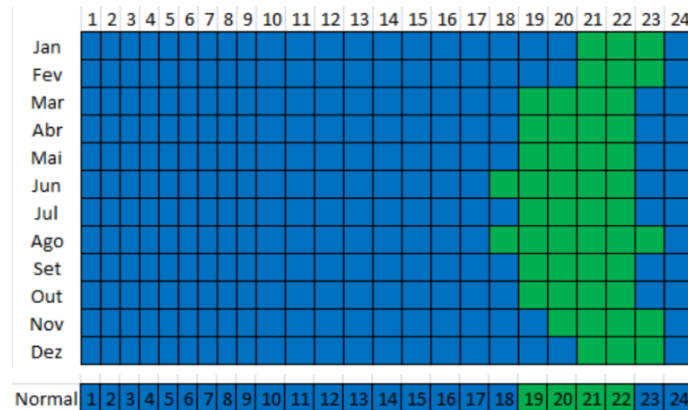


Figura 31. Intervalos dos patamares para sábados, domingos e feriados no período normal [1]

2.8 Resultados para agosto

A seguir, nas Figuras 32 e 33 são apresentados os novos *loadplots* para agosto, nas quais cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3720 pontos, todos referentes ao mês de agosto no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K-Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-se um *boxplot* dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior das Figuras 32 e 33 indicam os centroides dos *clusters*. Os 3720 registros horários, referentes ao mês de agosto no período de 2015 até 2019, foram classificados em três *clusters*, cujas frequências são apresentadas na Tabela 15.

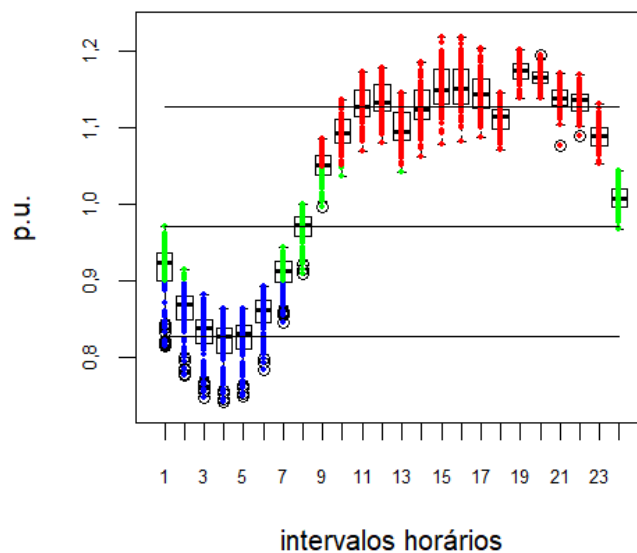


Figura 32. *Loadplot* da carga nos dias úteis

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 32 e 33 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 16.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

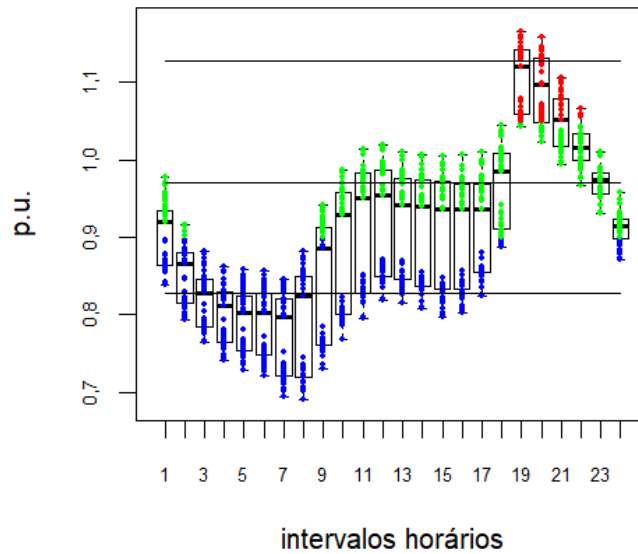


Figura 33. Loadplot da carga nos sábados, domingos e feriados

Tabela 15 Clusters

Clusters	1	2	3
Frequência absoluta	1723	858	1139
Frequência relativa (%)	46,3%	23,1%	30,6%
Frequência relativa x 24 horas	11 horas	6 horas	7 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1283	0,9705	0,8282

Tabela 16 Intervalos horários dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-22	8-10 e 23-24	1-7
Perfil de carga tipo 2, demais dias		18-23	1-17 e 24

Conforme indicado na Figura 34, o intervalo referente ao patamar pesado no período de inverno tem duração de 12 horas, entre 10:00 h e 22:00 h (período do 11º intervalo horário até o 22º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 16. Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 7:00 h (período do 1º intervalo horário até o 7º intervalo horário).

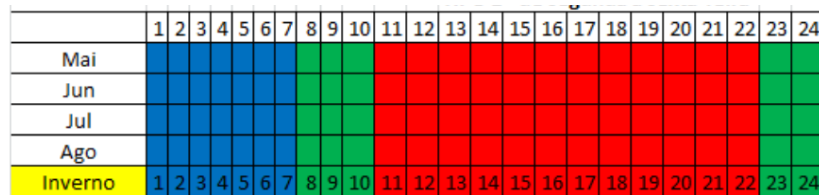


Figura 34. Intervalos dos patamares para os dias úteis no período de inverno [1]

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 35, o intervalo referente ao patamar médio em agosto tem duração de 6 horas, entre 17:00 h e 23:00 h (período do 18º intervalo horário até o 23º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 16. Logo, para agosto não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

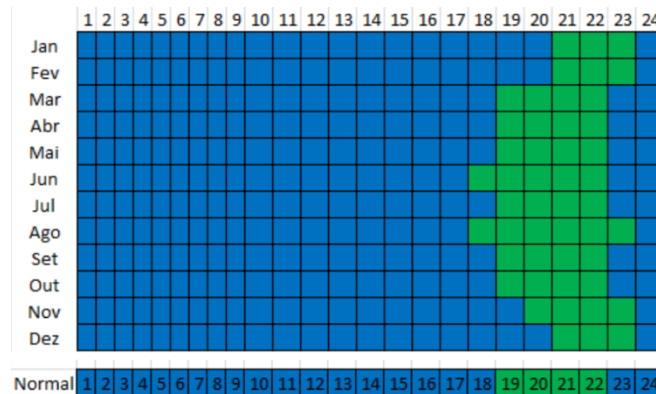


Figura 35. Intervalos dos patamares para sábados, domingos e feriados no período normal [1]

2.9 Resultados para setembro

A seguir, nas Figuras 36 e 37 são apresentados os novos *loadplots* para setembro, nos quais cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3600 pontos, todos referentes ao mês de setembro no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K-Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-se um *boxplot* dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior das Figuras 36 e 37 indicam os centroides dos *clusters*. Os 3600 registros horários, referentes ao mês de setembro no período de 2015 até 2019, foram classificados em três *clusters*, cujas frequências são apresentadas na Tabela 17.

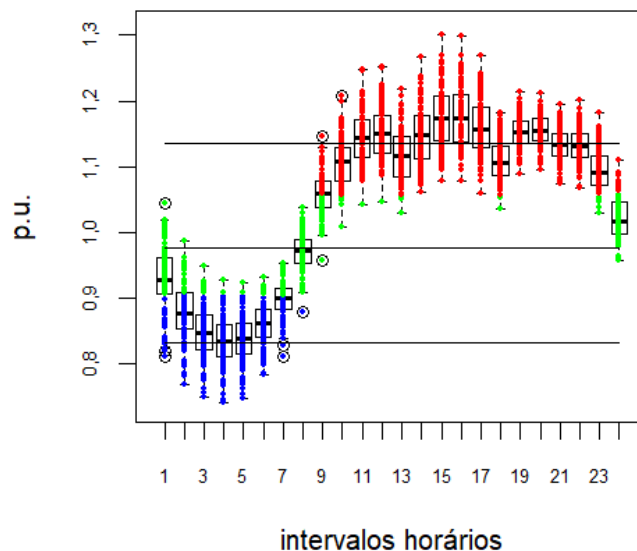


Figura 36. *Loadplot* para dias úteis

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 36 e 37 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 18.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

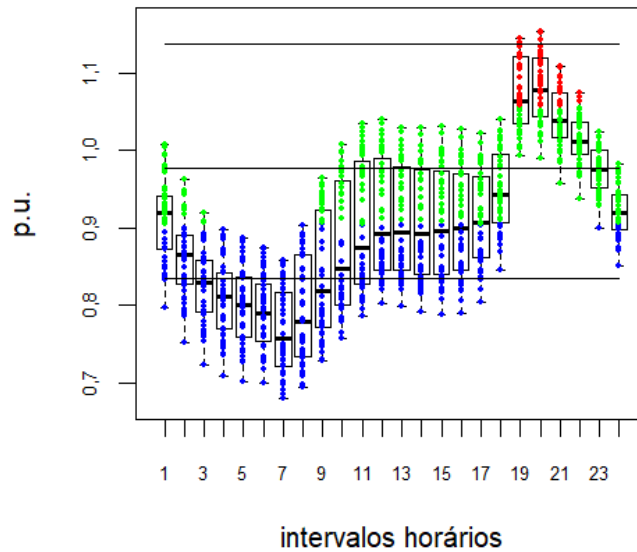


Figura 37. Loadplot para sábados, domingos e feriados

Tabela 17 Clusters

Clusters	1	2	3
Frequência absoluta	1552	902	1146
Frequência relativa (%)	43,1%	25,1%	31,8%
Frequência relativa x 24 horas	10 horas	6 horas	8 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1363	0,9767	0,8337

Tabela 18 Intervalos horários dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-20	9-10 e 21-24	1- 8
Perfil de carga tipo 2, demais dias		19-22	1-18 e 23-24

Conforme indicado na Figura 38, o intervalo referente ao patamar pesado no período intermediário tem duração de 10 horas, entre 10:00 h e 20:00 h (período do 11º intervalo horário até o 20º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 18. Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 8:00 h (período do 1º intervalo horário até o 8º intervalo horário).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Abr	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green
Set	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green
Out	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green
Intermediário	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green

Figura 38. Intervalos dos patamares para os dias úteis no período intermediário [1]

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 39, o intervalo referente ao patamar médio em setembro tem duração de 4 horas, entre 18:00 h e 22:00 h (período do 19º intervalo horário até o 22º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 18. Logo, para setembro não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

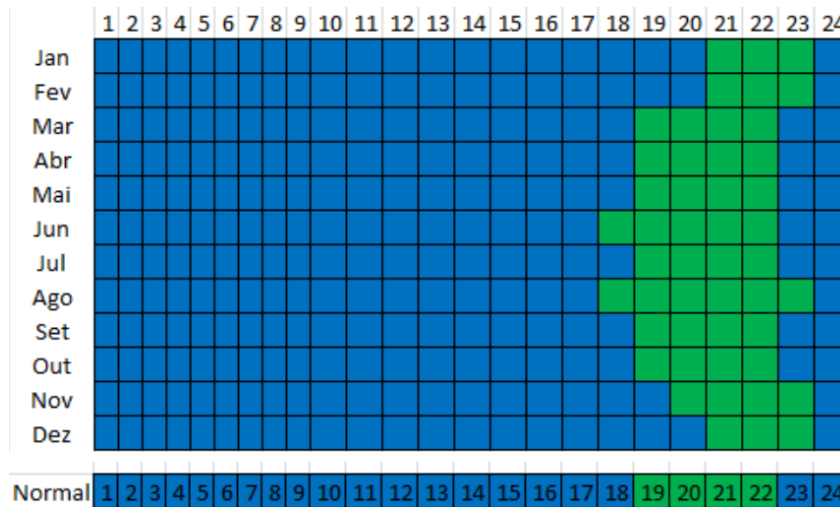


Figura 39. Intervalos dos patamares para sábados, domingos e feriados no período normal [1]

2.10 Resultados para outubro

A seguir, nas Figuras 40 e 41 são apresentados os novos *loadplots* para outubro, nas quais cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3720 pontos, todos referentes ao mês de outubro no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K-Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-se um *boxplot* dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior das Figuras 40 e 41 indicam os centroides dos *clusters*.

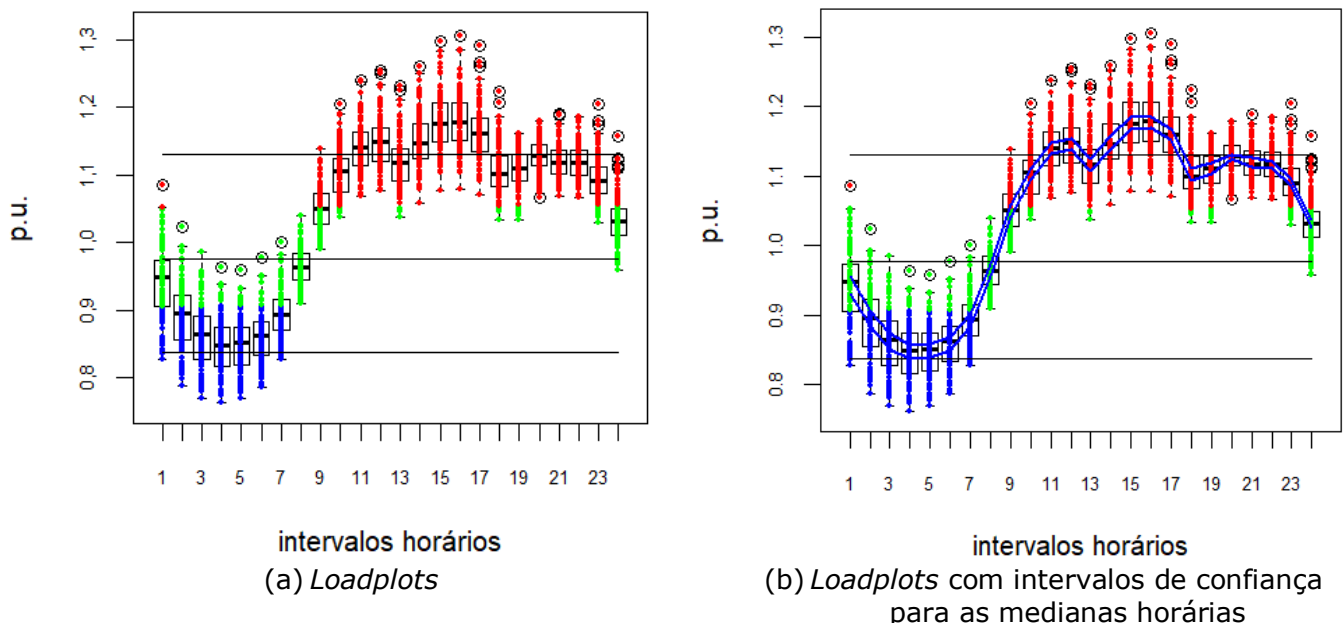


Figura 40. *Loadplot* da carga nos dias úteis

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

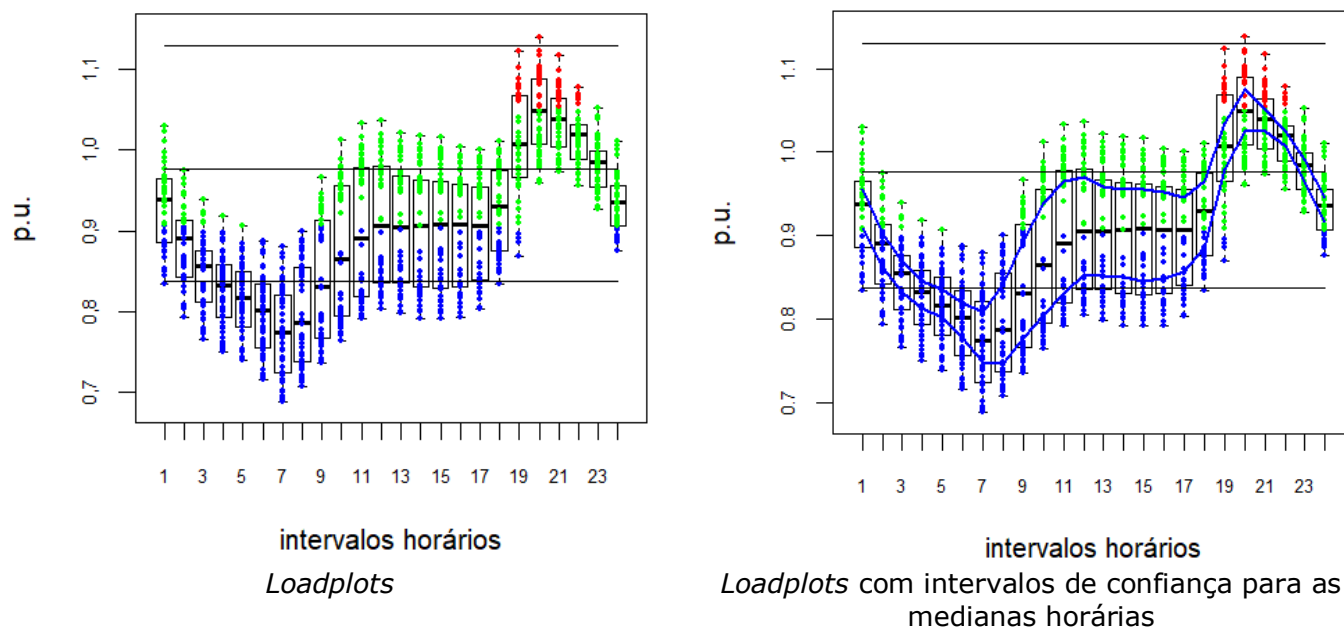


Figura 41. Loadplot da carga nos sábados, domingos e feriados

Os 3720 registros horários, referentes ao mês de outubro no período de 2015 até 2019, foram classificados em três *clusters*, cujas frequências são apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19 Clusters

Clusters	1	2	3
Frequência absoluta	1600	975	1145
Frequência relativa (%)	43,0%	26,2%	30,8%
Frequência relativa x 24 horas	10 horas	6 horas	7 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1304	0,9766	0,8378

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 40 e 41 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 20. Na Figura 40(b), a mediana do 20º intervalo horário aparece ligeiramente abaixo do maior centroide (*cluster* 1), porém, conforme indicado pelo intervalo de confiança na Figura 40(b) tal diferença não é significativa e, portanto, o 20º intervalo horário foi classificado no patamar pesado, juntamente com os 18º e 19º intervalos horários com objetivo de atender a premissa de patamar pesado unimodal. Já na Figura 41(b) a mediana no 23º intervalo horário está acima do segundo centroide, porém não é significativamente diferente deste, portanto não foi incluído no patamar médio do perfil tipo 2.

Tabela 20 Intervalos dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-20	9-10 e 21-24	1-8
Perfil de carga tipo 2, demais dias		19-22	1-18 e 23-24

Conforme indicado na Figura 42, o intervalo referente ao patamar pesado no período intermediário tem duração de 10 horas, entre 10:00 h e 20:00 h (período do 11º intervalo horário até o 20º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 20. Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 8:00 h (período do 1º intervalo horário até o 8º intervalo horário).

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Abr	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green
Set	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green
Out	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green
Intermediário	Yellow	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green

Figura 42. Intervalos dos patamares para os dias úteis no período intermediário [1]

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 43, o intervalo referente ao patamar médio em outubro tem duração de 4 horas, entre 18:00 h e 22:00 h (período do 19º intervalo horário até o 22º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 20. Logo, para outubro não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Jan	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Fev	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Mar	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Abr	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Mai	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Jun	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Jul	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Ago	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Set	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Out	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Nov	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Dez	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue
Normal	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue	Blue

Figura 43. Intervalos dos patamares para sábados, domingos e feriados no período normal [1]

2.11 Resultados para novembro

A seguir, nas Figuras 44 e 45 são apresentados os novos *loadplots* para novembro.

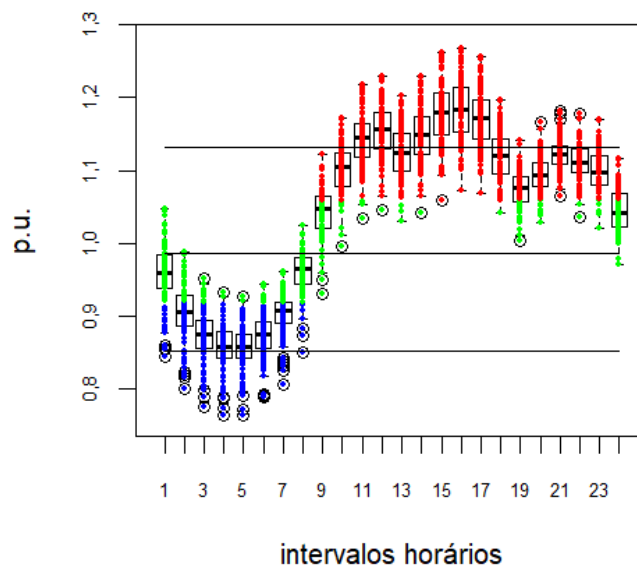


Figura 44. *Loadplot* da carga nos dias úteis

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

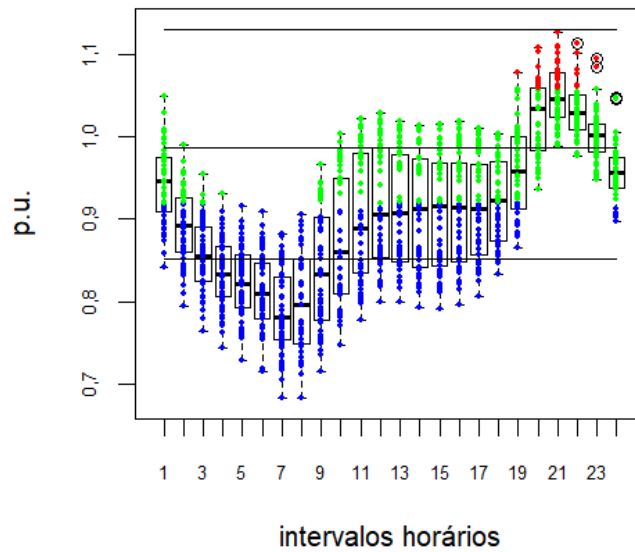


Figura 45. *Loadplot* da carga nos sábados, domingos e feriados

Nas Figuras 44 e 45, cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3600 pontos, todos referentes ao mês de novembro no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K-Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-se um *boxplot* dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior das Figuras 44 e 45 indicam os centroides dos *clusters*. Os 3600 registros horários, referentes ao mês de novembro no período de 2015 até 2019, foram classificados em três *clusters*, cujas frequências são apresentadas na Tabela 21.

Tabela 21 *Clusters*

<i>Clusters</i>	1	2	3
Frequência absoluta	1428	951	1221
Frequência relativa (%)	39,7%	26,4%	33,9%
Frequência relativa x 24 horas	10 horas	6 horas	8 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1318	0,9902	0,8535

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 44 e 45 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 22.

Tabela 22 Intervalos horários dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-17	9-10 e 18-24	1-8
Perfil de carga tipo 2, demais dias		20-23	1-19 e 24

Conforme indicado na Figura 46, o intervalo referente ao patamar pesado no período de verão tem duração de 8 horas, entre 10:00 h e 18:00 h (período do 11º intervalo horário até o 18º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 22, com exceção do 18º intervalo horário que não pertence ao patamar pesado definido na Tabela 22. Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 8:00 h (período do 1º intervalo horário até o 8º intervalo horário). A pequena diferença observada no patamar pesado não justifica a necessidade de alteração dos intervalos horários dos patamares, pois os intervalos definidos na Tabela 22 são compatíveis com os intervalos para o período de verão. Vale destacar que os intervalos definidos na Tabela 22 são idênticos aos intervalos para o mês de março.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

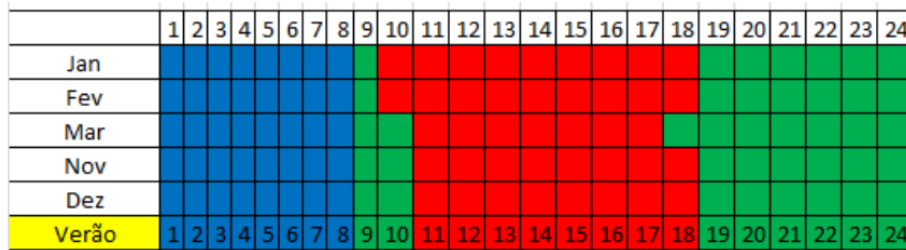


Figura 46. Intervalos dos patamares pesado, médio e leve para os dias úteis no período de verão [1]

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 47, o intervalo referente ao patamar médio em novembro tem duração de 4 horas, entre 19:00 h e 23:00 h (período entre o 20º intervalo horário e o 23º intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 22. Logo, para novembro não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

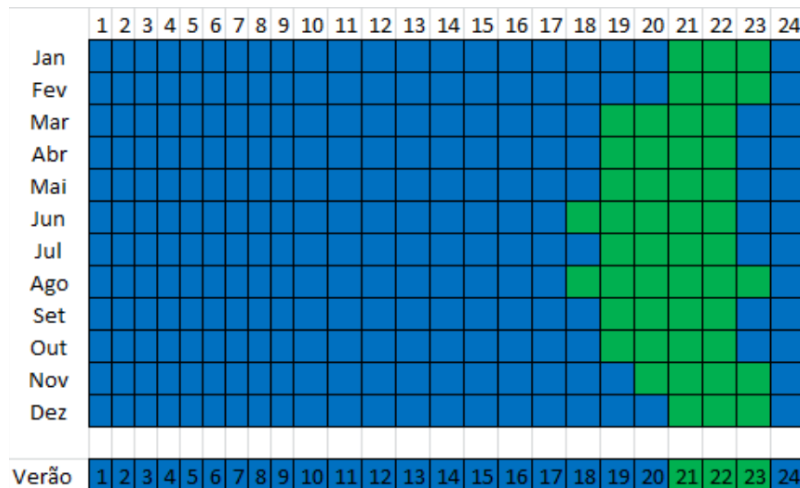


Figura 47. Intervalos dos patamares para sábados, domingos e feriados no período de verão [1]

2.12 Resultados para dezembro

A seguir, nas Figuras 48 e 49 são apresentados os novos *loadplots* para dezembro, nos quais cada ponto representa um registro horário da carga (em p.u. da demanda média mensal). No total há 3720 pontos, todos referentes ao mês de dezembro no período de 2015 até 2019. Por meio da análise de agrupamentos (*K-Means*) os registros horários foram classificados em três *clusters*, conforme indicado pelas cores azul, verde e vermelho. Para cada intervalo horário apresenta-se um *boxplot* dos respectivos registros horários da carga. Adicionalmente, as três linhas horizontais no interior das Figuras 48 e 49 indicam os centroides dos *clusters*. Os 3720 registros horários, referentes ao mês de dezembro no período de 2015 até 2019, foram classificados em três *clusters*, cujas frequências são apresentadas na Tabela 21.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

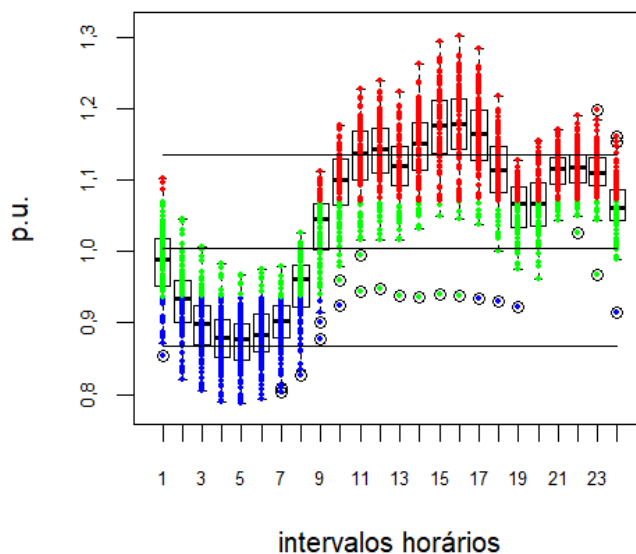


Figura 48. Loadplot da carga nos dias úteis

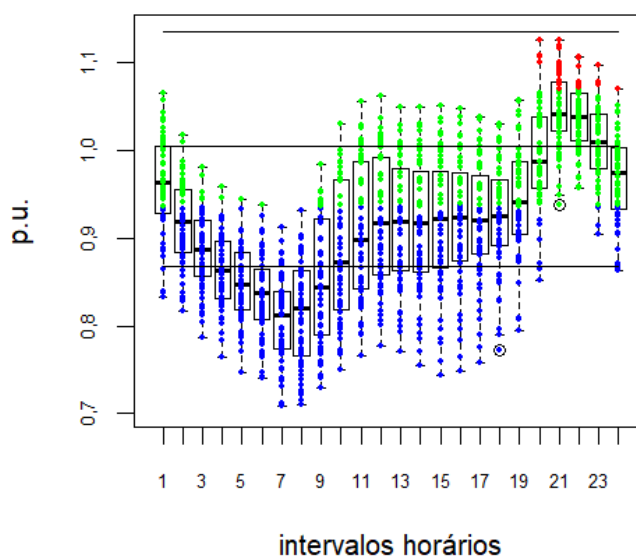


Figura 49. Loadplot da carga nos sábados, domingos e feriados

Tabela 21 Clusters

Clusters	1	2	3
Frequência absoluta	1272	1136	1312
Frequência relativa (%)	34,2%	30,5%	35,3%
Frequência relativa x 24 horas	8 horas	7 horas	8 horas
centroide p.u. da demanda média mensal	1,1352	1,0024	0,8669

A classificação dos intervalos horários entre os patamares tomou por base os critérios descritos no relatório "Representação dos patamares de carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico" [1]. A análise das Figuras 48 e 49 com base nesses critérios produziu a classificação indicada na Tabela 25. Na definição do patamar pesado, a inclusão do 18º intervalo horário teve como objetivo obter um patamar com 8 horas de duração, conforme sugerido pela análise de agrupamentos na Tabela 21.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL**Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020****Cliente: ONS**

A pesquisa que constrói o futuro

Tabela 25 Intervalos horários dos patamares de carga

Patamar	Pesado	Médio	Leve
Perfil de carga tipo 1, dias úteis	11-18	9-10 e 19-24	1-8
Perfil de carga tipo 2, demais dias		21-23	1-20 e 24

Conforme indicado na Figura 50, o intervalo referente ao patamar pesado no período de verão tem duração de 8 horas, entre 10:00 h e 18:00 h (período do 11° intervalo horário até o 18° intervalo horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 25. Adicionalmente, o patamar de carga leve abrange o horário entre 0:00 h e 8:00 h (período do 1° intervalo horário até o 8° intervalo horário).

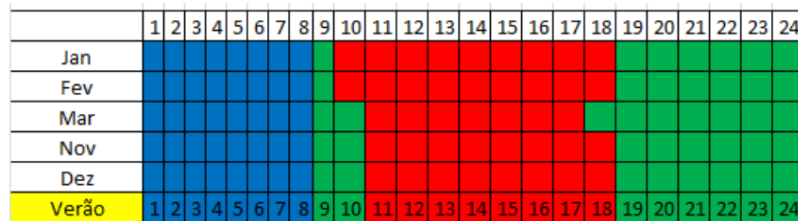


Figura 50. Intervalos dos patamares pesado, médio e leve para os dias úteis no período de verão [1]

No caso dos sábados, domingos e feriados, conforme indicado na Figura 51, o intervalo referente ao patamar médio em dezembro tem duração de 3 horas, entre 20:00 h e 23:00 h (período do 21° intervalo horário até o 23° horário), portanto, compatível com o resultado indicado na Tabela 25.

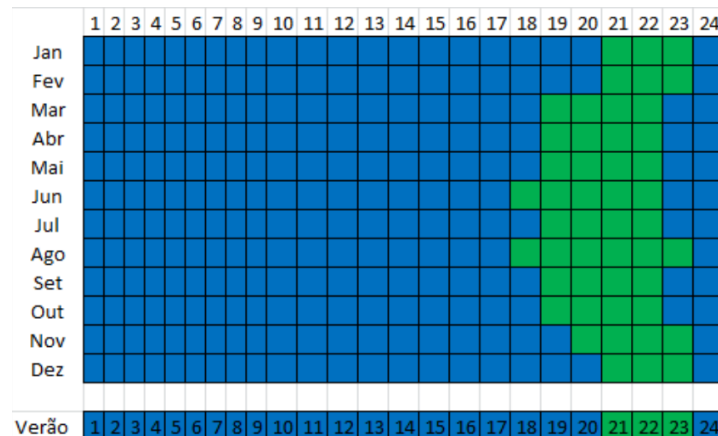


Figura 50. Intervalos dos patamares para sábados, domingos e feriados no período de verão [1]

Logo, para dezembro não há necessidade de modificar os intervalos e durações dos patamares de carga.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

3. CONCLUSÕES

Os intervalos das durações dos patamares de carga calculados com base nos dados de 2015-2019 são compatíveis com os intervalos vigentes definidos em 2018. Vale ressaltar que os dados utilizados abrangem o período de vigência do horário de verão, encerrado em 2019. Adicionalmente, a classificação dos intervalos horários nos patamares leve, médio e pesado está envolta em incertezas que podem atrapalhar a definição dos intervalos horários dos patamares. Para mitigar este problema, neste relatório foi introduzida a utilização de intervalos de confiança para as medianas horárias da carga, obtidos por reamostragem (*bootstrap*). Por fim, os resultados alcançados a partir dos dados de carga do SIN para o período 2015-2019 apontam para a manutenção dos atuais intervalos de duração dos patamares de carga para utilização pelos modelos DECOMP e NEWAVE.

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL

Relatório de Projeto – DEA - 2102/2020

Cliente: ONS



A pesquisa que constrói o futuro

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CPAMP, Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico, Representação dos Patamares de Carga na cadeia de modelos computacionais do setor elétrico, Relatório Técnico do GT Metodologia, nº 001-2018, julho, 2018.
- [2] MELO, A.C.G. PESSANHA, J.F.M. JUSTINO, T.C. MACEIRA, M.E.P. Metodologia e Determinação de Perfis Típicos Diários de Carga através da Combinação de Técnicas Estatísticas de Análise de Agrupamentos e na Análise Exploratória de Dados, Relatório Técnico CEPEL, Junho de 2018.
- [3] PESSANHA, J.F.M., MELO, A.C.G., JUSTINO, T.C., MACEIRA, M.E.P. Combining Statistical Clustering Techniques and Exploratory Data Analysis to Compute Typical Daily Load Profiles - Application to the Expansion and Operational Planning in Brazil. Probabilistic Methods Applied to Power Systems, Boise-USA, 2018.
- [4] JOHNSON, R.A., WICHERN, D.W. Applied Multivariate Analysis, Forth Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1998.
- [5] HASTIE, T., TIBSHIRANI, R., FRIEDMAN, J. The elements of statistical learning: data mining, inference and prediction, Springer, 2009.