



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação

André de Moraes Yoshida RA: 166241

Fábio Cruciata Perrone RA: 170788

Gabriel Fernandes Dias RA: 172092

Gabriel Santos Martins Dias RA: 172441

Uriel Bettin (ouvinte)

Vinicius Luan Almeida Teixeira RA: 263204

**IT304S - CONTRATAÇÃO DE ENERGIA PARA GRANDES
CONSUMIDORES**

CAMPINAS

2020

Dados da Universidade:

A Universidade escolhida pelo grupo é a Universidade de Santa Maria(UFSM), localizada no estado do Rio Grande do Sul, atualmente conta com 27.561 alunos regulares, sendo 25.894 presenciais e 1667 EAD. A Universidade conta com seus quatro campus principais que serão descritos pelos números de alunos* e pelo grupo de consumidor que está inserida:

- São Martinho da Serra(UC1): Localizada no município de São Martinho da Serra esta unidade na verdade é um centro de pesquisa - observatório, e não foi possível obter o número de alunos que frequentam o local, está inserida no subgrupo A4.
- Cachoeira do Sul(UC2): Localizada no município de Cachoeira do Sul, este campus conta com 1092 alunos, e está inserida no subgrupo B3, e mudou para o subgrupo A4 em fevereiro de 2020.
- Santa Maria Camobi(UC3): Localizada no campus principal, em Santa Maria, conta conjuntamente com o campus Santa Maria Centro(UC4) com 22669 alunos e está inserida no subgrupo A4.
- Santa Maria Centro(UC4): Localizada em Santa Maria, este campus conta conjuntamente com o campus Santa Maria Camobi(UC3) com 22669 alunos e está inserida no subgrupo A4.
- Frederico Westphalen(UC5): Localizada no município de Frederico Westphalen, conta com 968 alunos e está inserida no subgrupo A4.
- Palmeiras das Missões(UC6): Localizada no município de Palmeiras das Missões, conta com 1165 alunos e está inserida no subgrupo A4.

* Fonte SIE: 16/12/2020

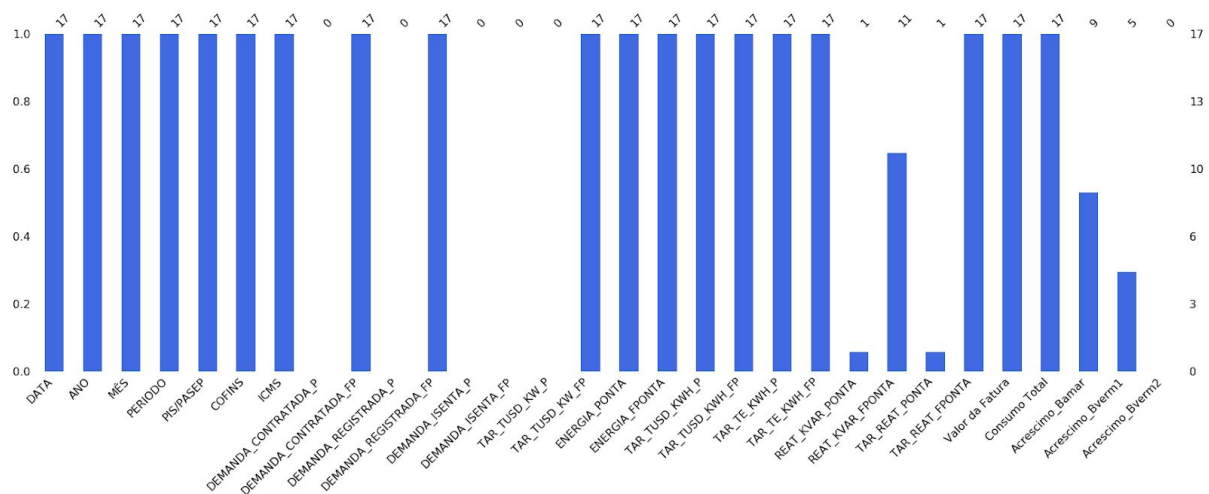
Análise dos Dados:

- Para as faturas das universidades em questão, os campos de demanda isenta não são disponibilizados e por isso é desconsiderado para todos os campus da universidade.
- A coluna das bandeiras tarifárias são apenas registrada quando houver a presença de tais bandeiras nas faturas

- As tarifas sobre o consumo reativo só aparecem nos meses em que houve quantidade consumida de energia reativa.

Para a leitura dos gráficos abaixo: considerar para cada coluna (campo), o número acima representa o número de amostras que temos no nosso banco.

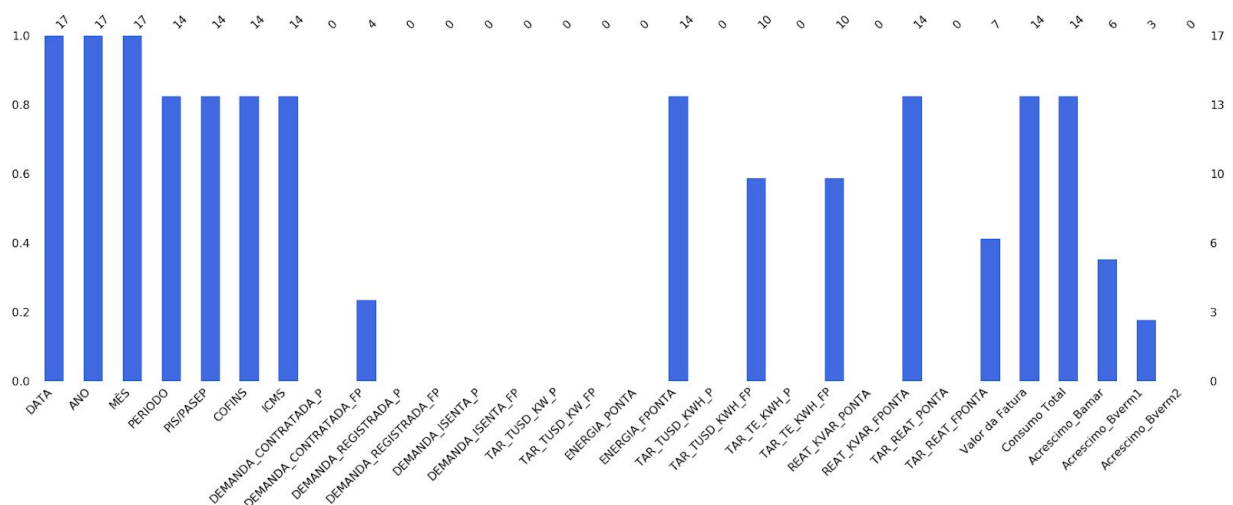
UC1



- Possuímos 17 linhas no nosso banco, correspondendo ao período entre JAN/2019 a MAI/2020.

- Como a tarifa é verde só temos a demanda contratada/registrada para o período fora ponta.

UC2

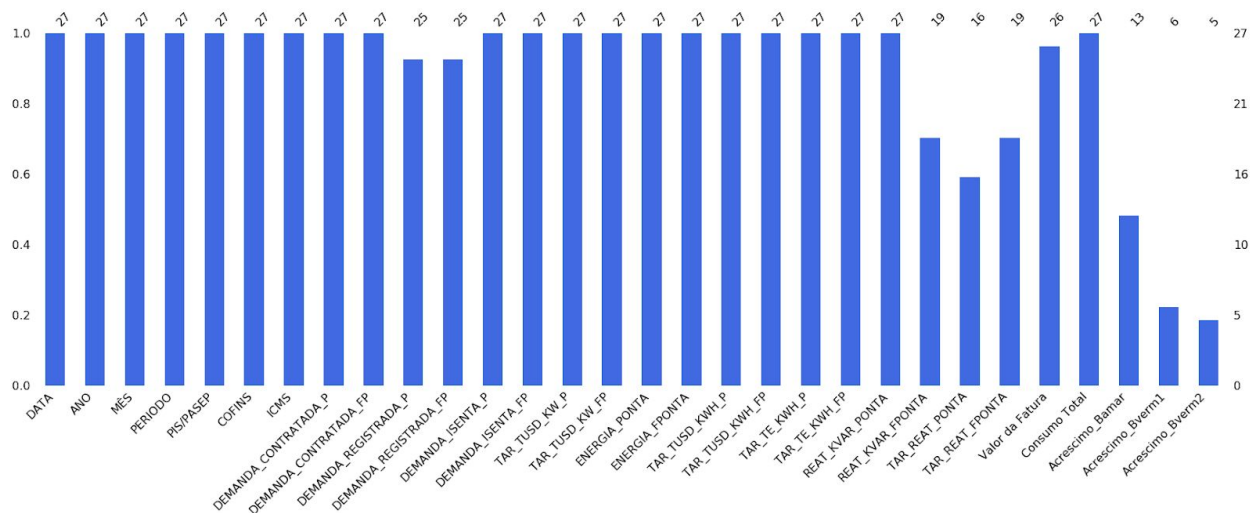


-Existem 3 faturas que não constam no banco de dados, entre NOV/2019 e JAN/2020.

-O campus ficou ao longo de 2019 no grupo B, por isso não há registros de demanda contratada para esse período.

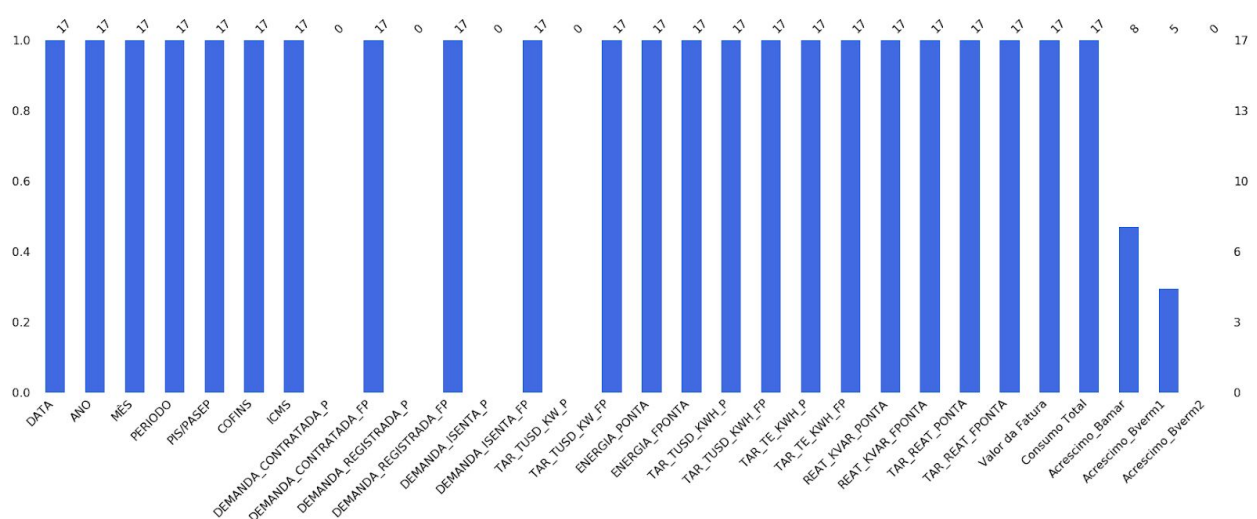
-A transição para o grupo A aconteceu a partir de FEV/2020.

UC3



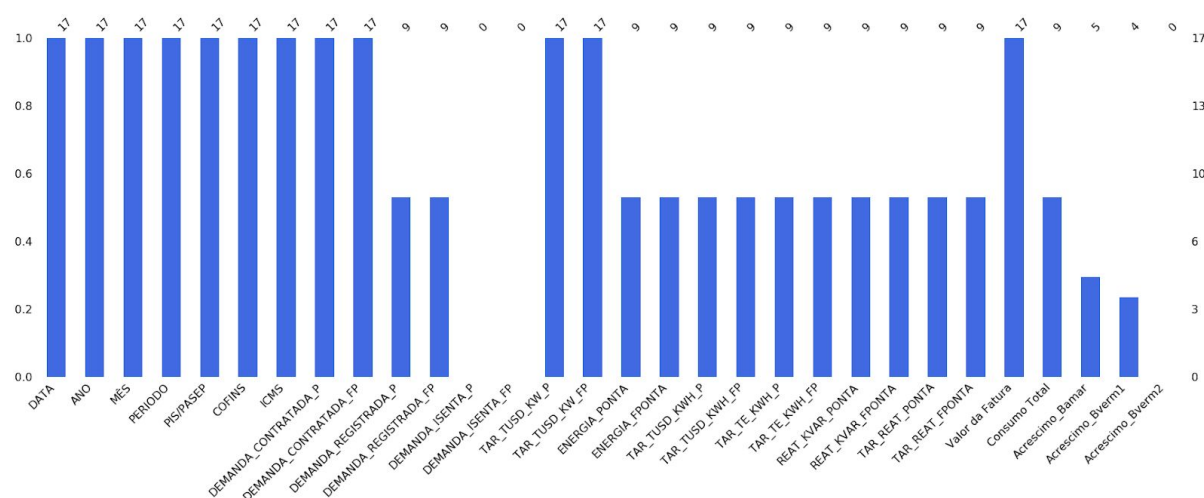
-Para o período de MAI/2019 a JUN/2019 não houve demanda registrada nas faturas.

UC4



- Por ser tarifa verde, a UC4 não possui demanda contratada para o período de ponta

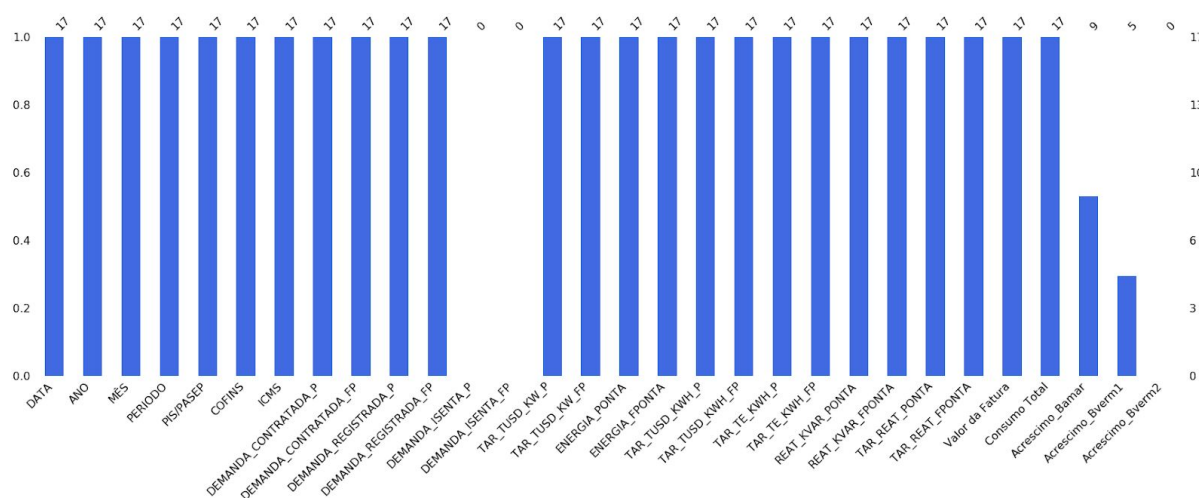
UC5



- Possuímos 17 linhas no nosso banco, correspondendo ao período entre JAN/2019 a MAI/2020.

- No Período de JAN/2019 a AGO/2019 a unidade não apresentou demanda registrada, para as datas anteriores a esse período, a unidade apresentava somente o faturamento da demanda contratada.

UC6



-Não há dados faltantes para a UC6

Análise de Demanda

Conceito de Demanda

A REN 414 estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, ela define demanda como média das potências elétricas ativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW).

Sendo a demanda contratada, a demanda de potência ativa que a concessionária deve disponibilizar obrigatoriamente no ramal de entrega de energia e esta deverá ser faturada independente da demanda medida.

Demanda medida é maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada em intervalos de 15 minutos durante o período de faturamento.

A demanda contratada pode ser alterada a qualquer momento, mas não se pode alterar mais de uma vez num período de doze meses.

Diferença entre tarifa Verde e Azul

Entre os consumidores alimentados em alta tensão e faturados como Grupo A existem dois tipos de tarifas horárias, e elas se diferenciam exatamente pela contratação de demanda.

Basicamente, a diferença entre essas tarifas é que na tarifa verde o valor a ser pago pela demanda de energia é fixo em qualquer horário, para a análise apresentada utilizaremos o termo de Demanda Fora Ponta (FP). No caso da tarifa azul, o valor a ser contratado pela demanda de energia é diferente na Hora Ponta (P) e na Hora Fora Ponta (FP).

Análise de Demanda para a UFSM

Os campi analisados da Universidade Federal de Santa Maria possuem diversas particularidades e isso se reflete também na contratação de demanda. A análise apresentada considera dados do campus principal em Santa Maria que possui duas unidades consumidoras, os três campus secundários e um campus que não oferece

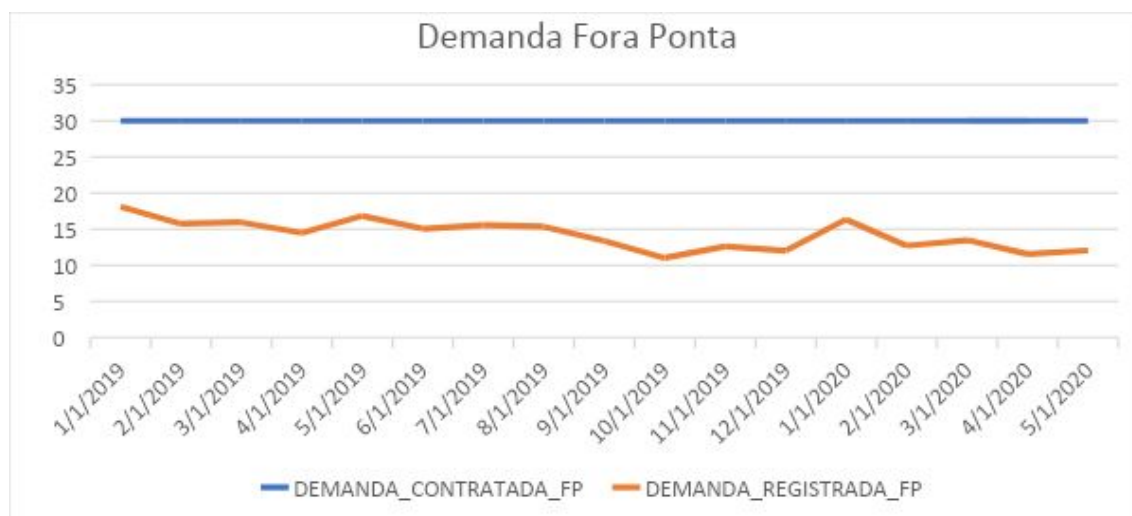
mais cursos e hoje existe apenas um observatório do IMPE ligado a universidade. Em resultado a essas diferenças, temos diferenças de consumo, tipos de tarifas e grupo de consumo.

Enquanto os campi com maior consumo possuem alimentação em alta tensão, sendo alimentados e faturados no Grupo A, ainda com diferenças entre tarifa, alguns com tarifa verde outros azul. Um campus durante parte do período de análise apresentou característica de unidade consumidora Grupo B, isto é, sem apresentar contratação de demanda e sem possuir tarifa horária. Dessa forma apresenta-se uma análise detalhada para cada um dos campi da universidade.

UC1: São Martinho da Serra

São Martinho da Serra não é mais considerado um campus da Universidade UFSM, o curso de turismo lotado nesse campus foi migrado para o campus Sede em Santa Maria, hoje a UC apenas refere-se ao consumo do centro de pesquisas ligado ao IMPE gerido pela universidade.

Essa unidade consumidora possui demanda contratada de 30kW, com tipo de tarifa verde. Pela regulação a UC já possui a menor demanda possível, dessa forma estando dentro de um patamar adequado. A amostra de dados se refere ao período de 2019 e início de 2020. A demanda contratada demanda registrada é apresentada de maneira gráfica na figura a seguir.



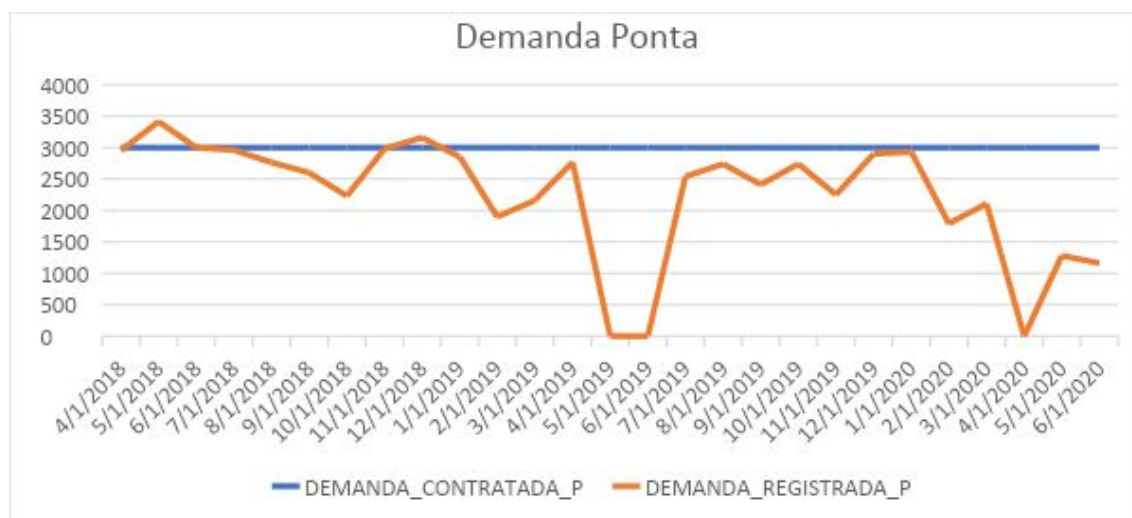
UC2: Campus Cachoeira do Sul

O campus de Cachoeira do Sul iniciou suas atividades em 11 de agosto de 2014 e atualmente conta com apenas cinco cursos de graduação, sendo um dos menores entre os campi da UFSM.

Até janeiro de 2020 essa UC era faturada como consumidora grupo B, sendo a partir de fevereiro de 2020 migrada para consumidor Grupo A com demanda contratada de 300kW. No entanto, nas faturas desde fevereiro de 2020 não apresenta-se registros de demanda medida, nem de consumo, dessa forma não existem dados para ser analisados sob a ótica de Demanda.

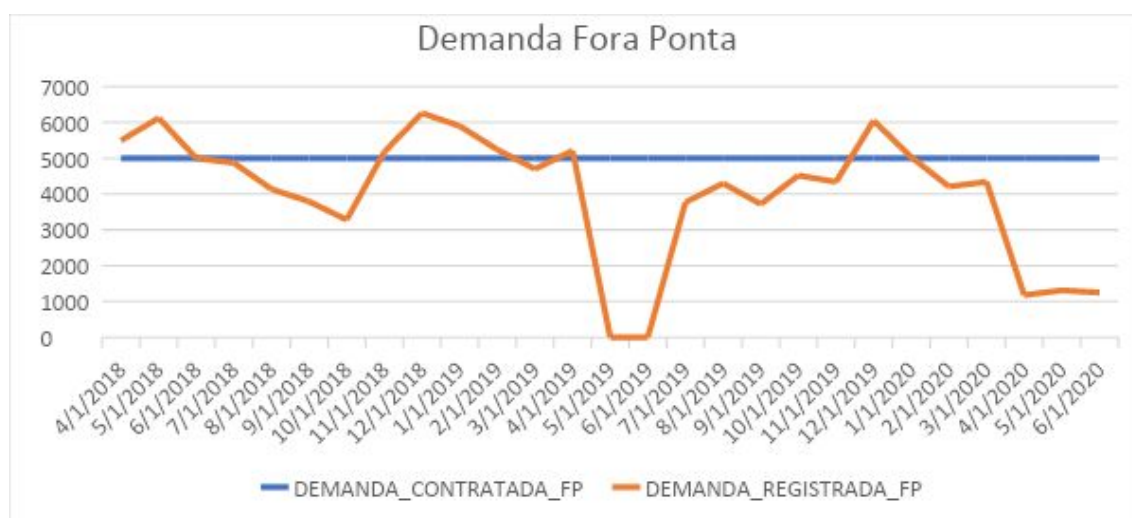
UC3: Santa Maria (Camobi)

A terceira unidade para análise é uma unidade do campus sede localizada no centro de Santa Maria. Aqui muda-se os cenários e percebemos uma UC de Grupo A com tarifa do tipo azul, ou seja, vamos representar graficamente a demanda registrada em ponta e fora ponta. A amostra de dados também é a maior, abrangendo período 2018 a junho de 2020. A demanda contratada de Ponta x demanda registrada é apresentada de maneira gráfica na figura a seguir .



Para a demanda de ponta é contratado 3000kW. A demanda média no período é de aproximadamente 2250 kW, tendo apenas duas ocorrências pouco significativas de ultrapassagem de demanda, dessa forma não se recomenda alteração de demanda contratada.

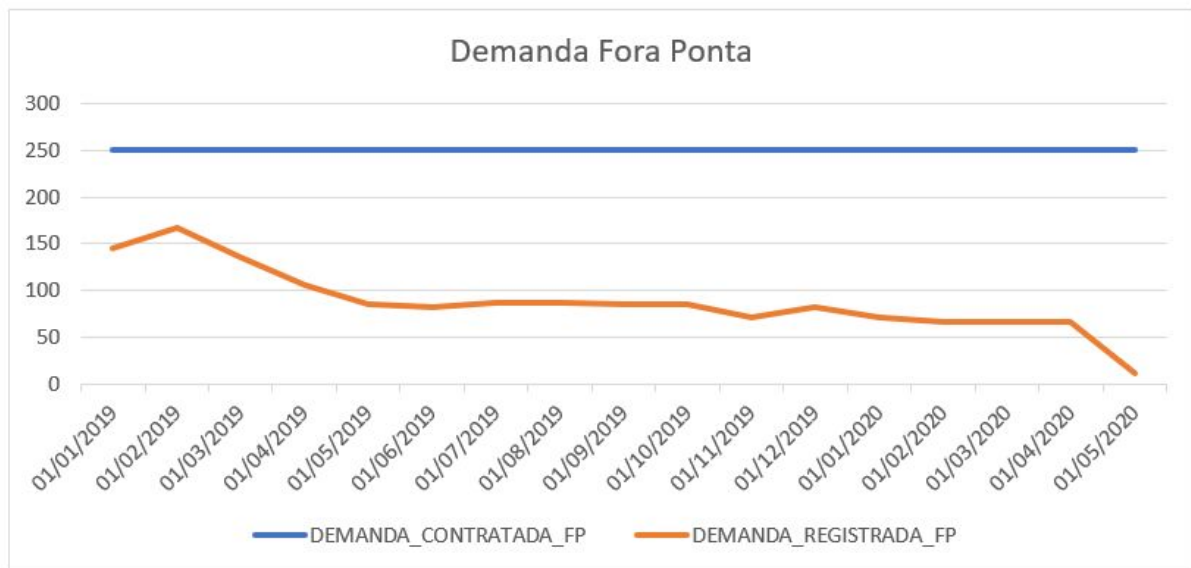
Já a demanda fora ponta possui uma média de aproximadamente 4050kW com contratação de 5000 kW. Mas existem várias ocorrências de registro de ultrapassagem de demanda com tendência próxima aos 6000kW. A mudança da contratação é sugerida para esse valor, gerando uma economia anual próxima dos R\$ 60.000,00. A demanda contratada FP x demanda registrada é apresentada de maneira gráfica na figura a seguir.



UC 4: Santa Maria (Centro)

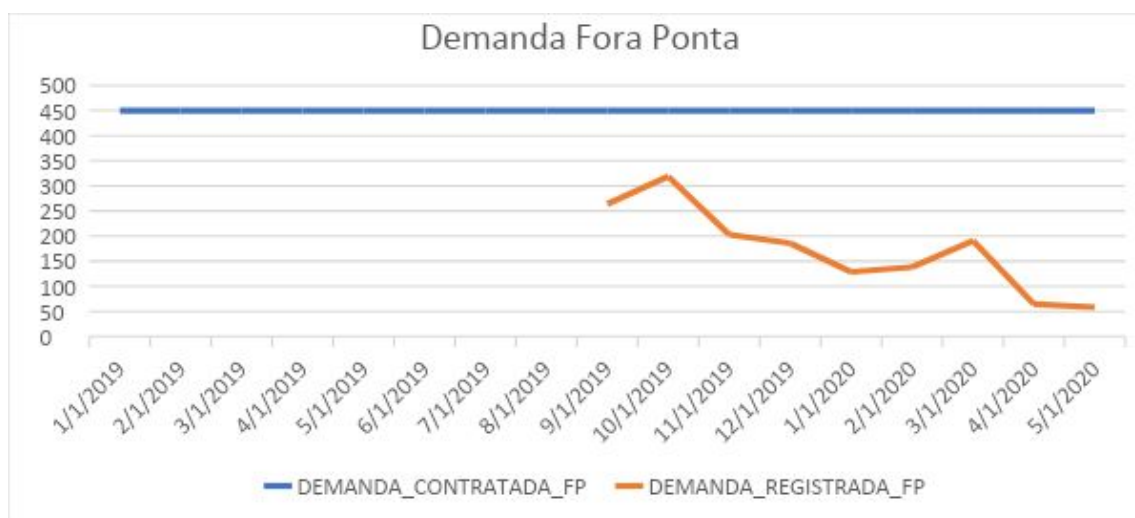
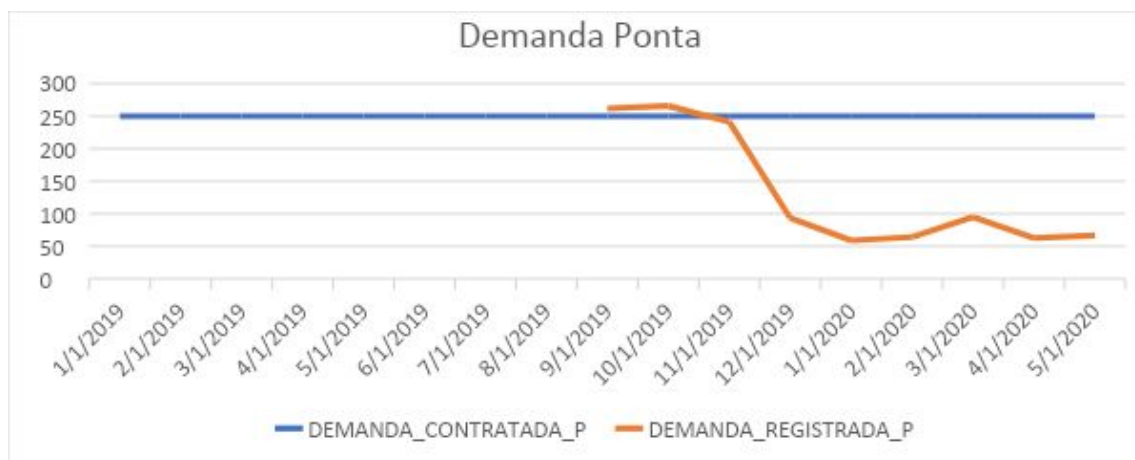
A quarta unidade consumidora está localizada também no município de Santa Maria sendo extensão do campus sede. Também alimentada em alta tensão aqui se encontra o tipo de tarifa verde. Onde também se encontra apenas demanda única chamada de Fora Ponta. A demanda contratada x demanda registrada é apresentada de maneira gráfica na figura a seguir.

Aqui encontra-se um caso claro de demanda contratada superior a demanda necessária para essa amostra de dados. A UC possui demanda contratada de 250kW enquanto a média de registro é de 88kW. Como a amostra de dados varia registros entre 80 e 130 kW sem conhecer a perspectiva de conhecimento é recomendada a contratação de demanda de 120kW.



UC5: Campus Frederico Westphalen

Para a quinta unidade é encontrado tarifa azul com demanda contratada desde janeiro de 2019 porém só se registra demandas consumidas a partir de setembro, tendo todo o período anterior faturado pela demanda mínima. A demanda contratada para período de ponta sendo de 250kW e para o período fora ponta 450kW. A amostra de dados para essa UC é muito pequena. Para a demanda de ponta nos dois primeiros registros percebe-se uma ultrapassagem, seguidos de meses de queda de demanda, registrando uma média de 134kW entre os meses registrados. Já para a fora ponta apresenta-se um pico em outubro de 2019 de menos de 320kW e também com tendência de queda. Devido ao cenário e as implicações do período de pandemia de COVID-19 a partir de março de 2020, não será apresentada sugestão de redução de demanda, mesmo existindo uma sugestão para isso. As demanda contratada FP, P_x demanda registrada é apresentada de maneira gráfica nas figuras a seguir.

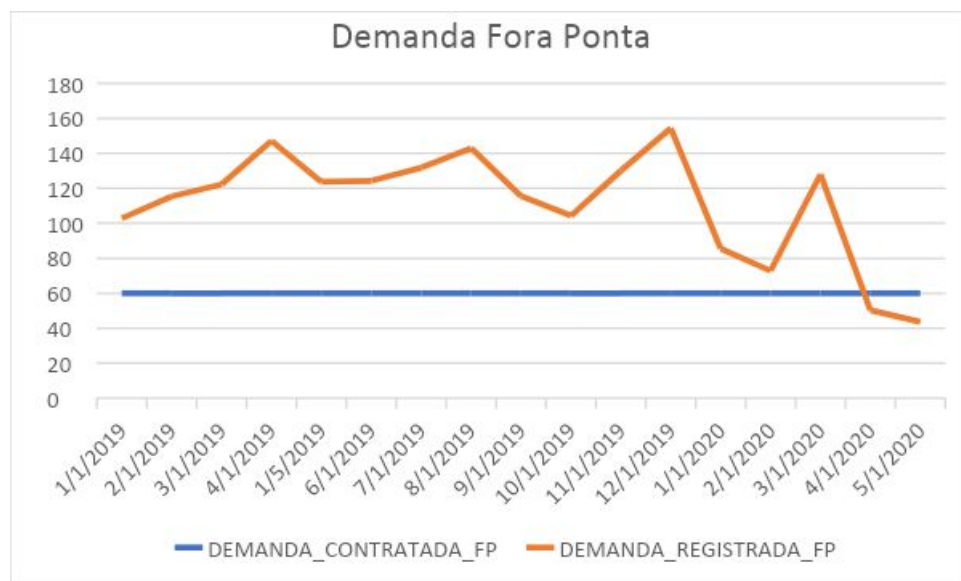


UC6: Palmeira das Missões

A UC 6 é referente ao Campus de Palmeira das Missões, a contratação de energia também se deve como Grupo A, também com tarifa azul. Claramente possui o pior modelo de contratação pois a demanda contratada de Ponta e Fora ponta é igual no valor de 60kW com valores médios registrados de 92kW e 111kW respectivamente.

As demanda contratadas x demandas registradas é apresentada de maneira gráfica nas Figuras X e Y.

Como se pode observar a demanda de ponta segue uma tendência de utilização próxima dos 140kW que é o recomendado para a contratação. Já a demanda fora ponta possui uma tendência mais próxima dos 150kW sem considerar os últimos meses de análise devido ao impacto da pandemia de COVID-19.



Análise de Consumo das Unidades de UFSM

Para a análise de carga das unidades consumidoras da UFSM foi desprezado os consumos dos meses de 2020 devido à pandemia de Covid-19, já que trata-se de um evento discreto que gerou uma redução considerável na energia consumida pelas universidades, visto que as atividades presenciais foram, em sua maioria, suspensas.

Nas análises a seguir, utilizaremos a seguinte nomenclatura para as Unidades Consumidoras:

- UC 1 São Martinho da Serra
- UC 2 Cachoeira do Sul
- UC 3 Santa Maria Camobi
- UC 4 Santa Maria Centro
- UC 5 Frederico Westphalen
- UC 6 Palmeira das Missões

A unidade consumidora Santa Maria Camobi foi responsável por aproximadamente 90% do consumo de energia da Universidade em todos os meses do ano de 2019, como mostra a Figura 1 abaixo.

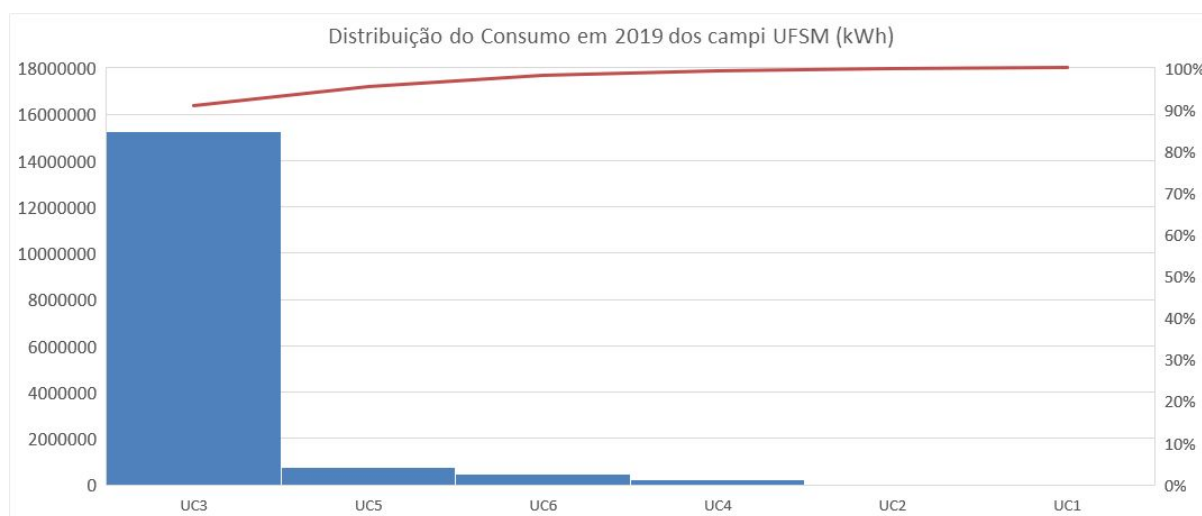


Figura 1 - Distribuição do consumo entre as unidades consumidoras da UFSM.

A Figura 2 abaixo mostra o perfil de consumo normalizado de cada campus da universidade no ano de 2019. Nela, podemos observar um padrão de pico de consumo nos meses de Maio e Outubro por se tratarem de períodos de alta atividade no semestre letivo, além do fator temperatura, que potencializa o consumo devido ao uso de aparelhos de refrigeração.

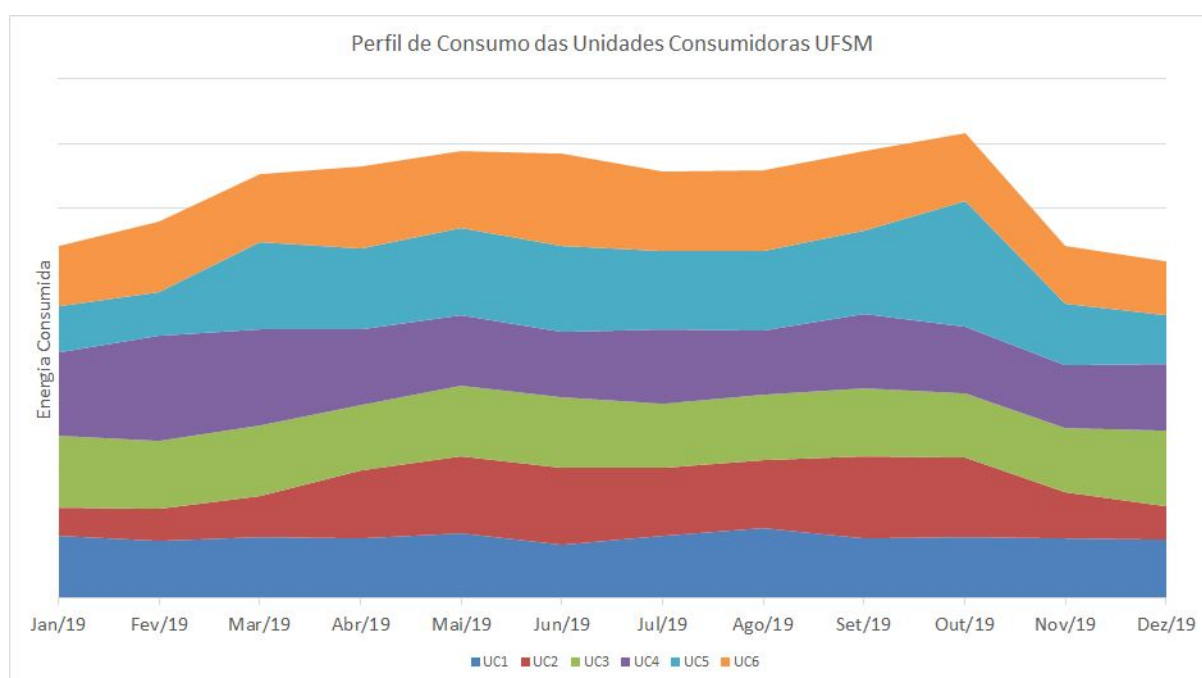


Figura 2 - Perfil de consumo das unidades consumidoras da UFSM.

A escassez de um histórico de dados mais completo dificulta a análise do consumo, visto que temperatura, precipitação e eventos fortuitos influenciam diretamente a carga do consumidor e podem poluir as análises com poucos meses de dados, portanto, seguimos em busca de mais números para poder construir uma síntese

mais detalhada. Por hora, o estudo foi feito considerando apenas o ano de 2019. Em uma situação com uma maior fatura de dados, o grupo pretende utilizar as conclusões do artigo *Forecasting the Electricity Consumption in a Higher Education Institution* [1] como um teste na estimativa do consumo futuro de energia dos campi com base na variação do número de alunos e área (km²) da unidade.

UC 1 - São Martinho da Serra

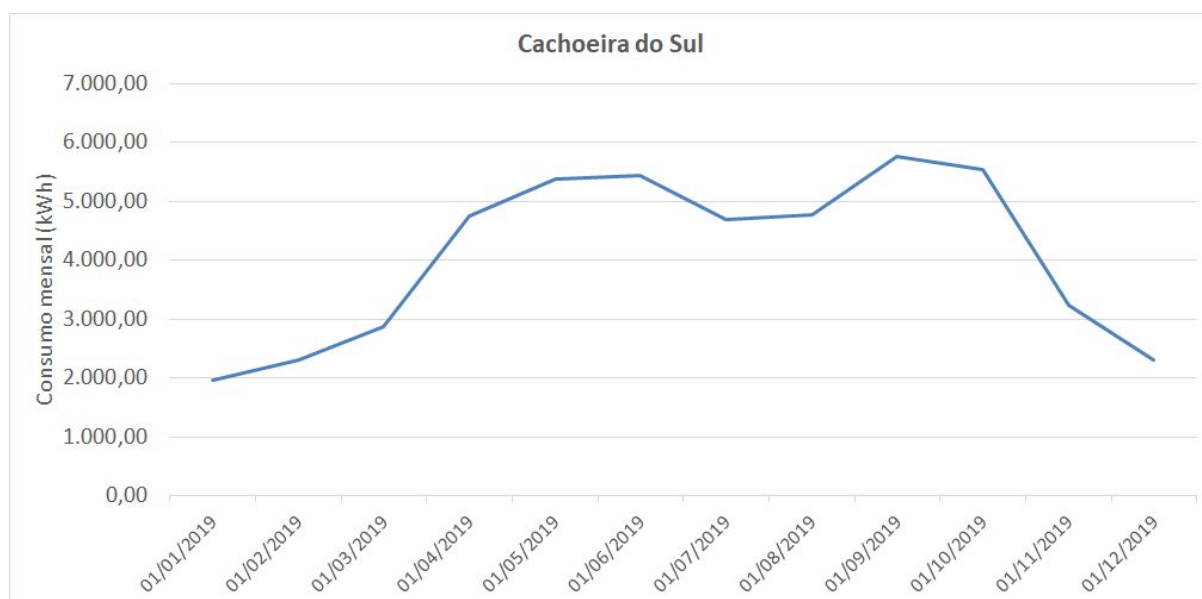
O Campus São Martinho da Serra apresentou certa estabilidade no consumo de energia em 2019, ficando entre 3000 e 4000 kWh.



No total, a unidade consumiu 43722 kWh, carga que representa menos de 3% do consumo anual da universidade.

UC 2 - Cachoeira do Sul

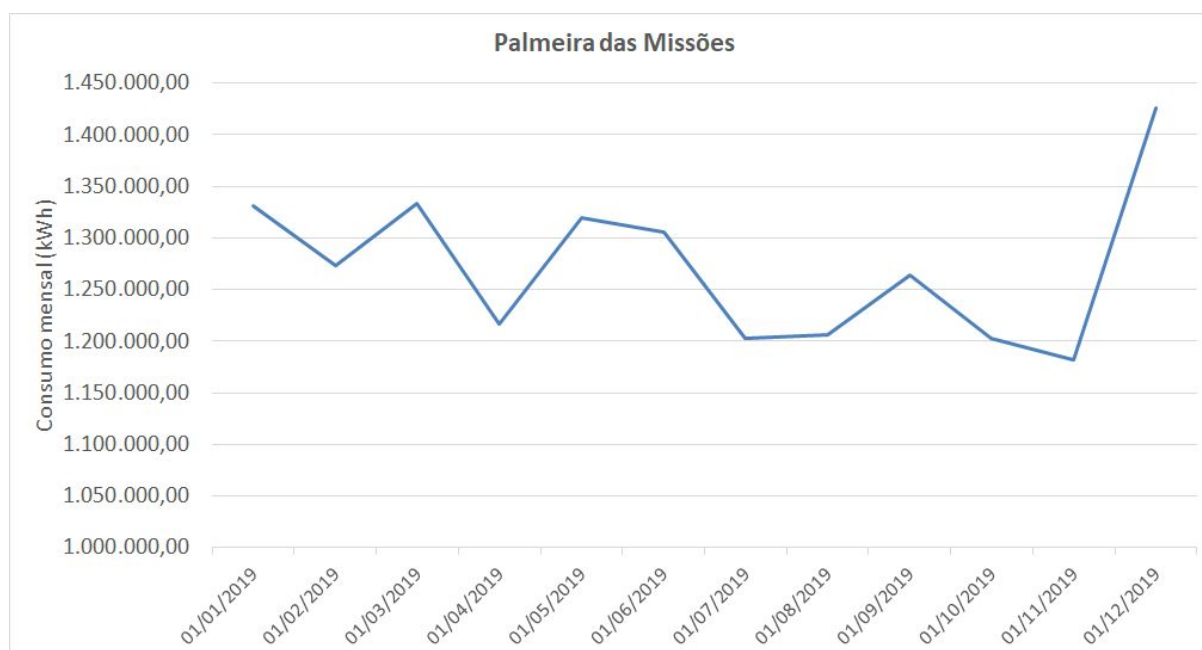
A unidade Cachoeira do Sul apresentou um perfil de consumo concentrado de abril a outubro, com certa redução nas cargas de julho e agosto, o que coincide com uma maior demanda por energia durante o período letivo, e uma redução na época de férias escolares.



No total, a unidade consumiu 48995 kWh, carga que representa menos de 3% do consumo anual da universidade.

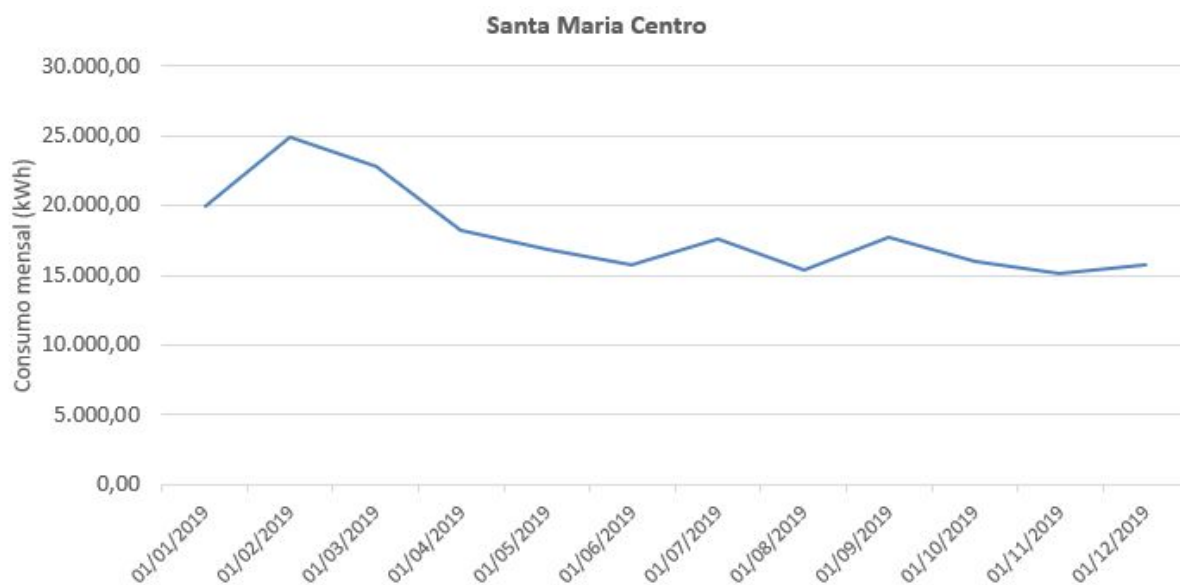
UC 3 - Santa Maria Camobi

Santa Maria Camobi é o campus com maior consumo entre as unidades consumidoras, e não aparentou um padrão de consumo no ano de 2019, variando entre 1200 a 1400 MWh/mês, com um acumulado de aproximadamente 15,3 GWh no ano, representando quase 90% do total da UFSM.



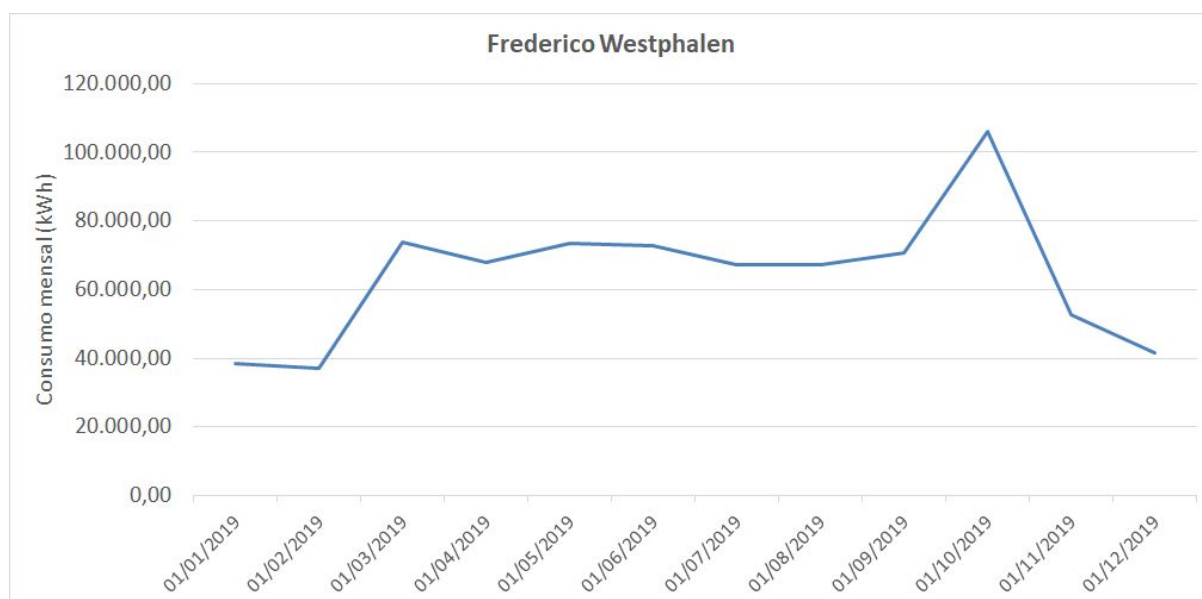
UC 4 - Santa Maria Centro

Oscilando entre 15.000 e 25.000 kWh/mês, a unidade consumidora apresentou pico de consumo nos meses de fevereiro e março de 2019. Contudo, o agregado da universidade em 2019 representa apenas 1,2% do consumo da universidade.



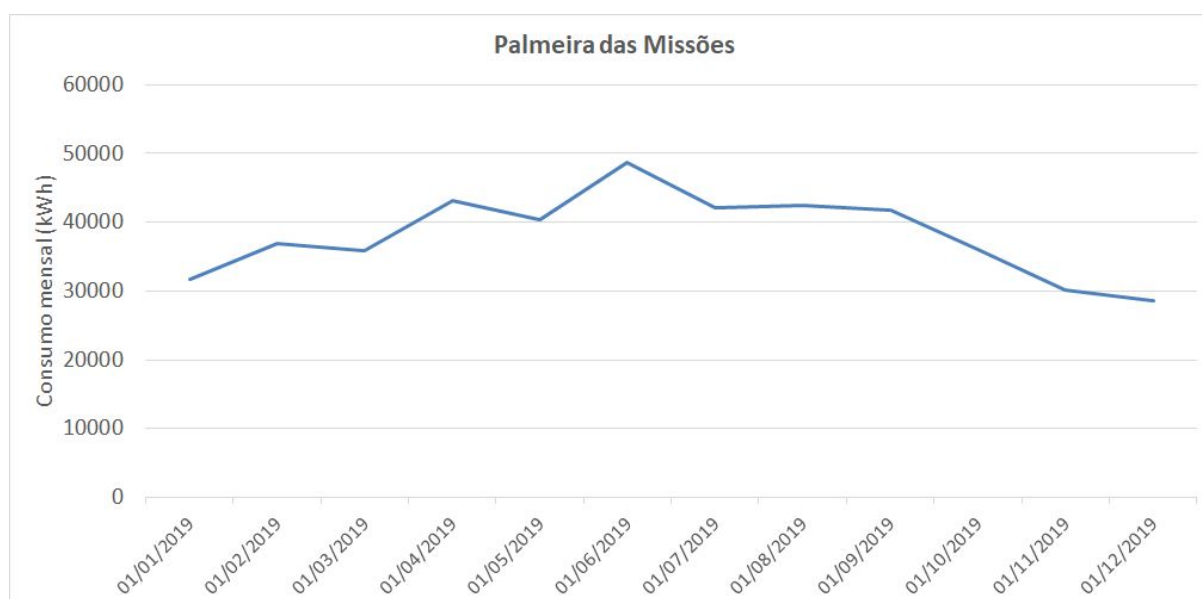
UC 5 - Frederico Westphalen

A unidade apresentou maior consumo entre os meses de março e outubro de 2019, com um pico significativo no mês de outubro. O agregado de 2019 equivale a aproximadamente 4,5% da universidade, com 700 MWh.



UC 6 - Palmeira das Missões

Palmeira das Missões teve um consumo ligeiramente acima da média anual nos meses de abril a outubro, totalizando aproximadamente 450 kWh, o que equivale a 2,7% da energia da universidade em 2019.



[1] PEPLOW, Luiz Amilton; BETINI, Roberto C. and PEREIRA, Thulio C. G.. Forecasting the Electricity Consumption in a Higher Education Institution. *Braz. arch. biol. technol.* [online]. 2019, vol.62, n.spe [cited 2020-12-16], e19190004. Available from:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132019000200203

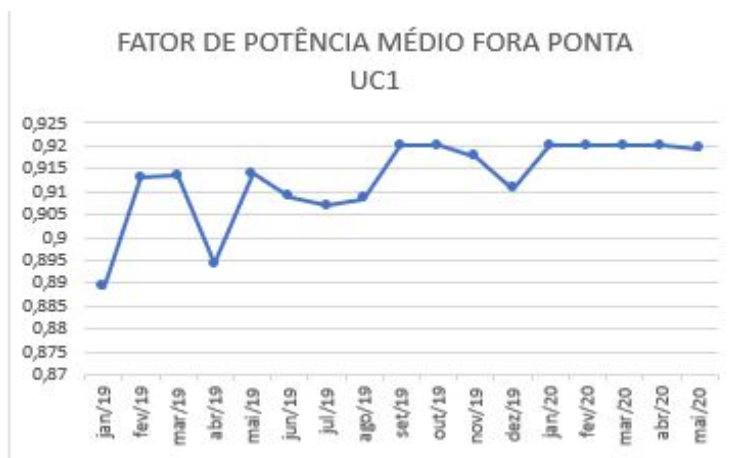
Energia Reativa Excedente e Fator de Potência:

A partir dos dados de fatura, foram traçados gráficos do Fator de Potência Médio ao longo dos meses para cada Universidade nos horários Ponta e Fora Ponta. A partir do fator de potência, pode-se visualizar em quais meses foi emitida uma cobrança de energia reativa excedente. Se o fator de potência de um determinado mês estiver abaixo do fator de potência regulado (0,92), é feito o cálculo para o faturamento de energia reativa excedente, conforme Resolução ANEEL 456/2000 – Art.64. Também, o fator de potência, corresponde a um parâmetro muito importante de qualidade de eficiência energética, proporcionando uma grande ajuda na análise do consumo/cobrança de energia reativa excedente.

De posse dos gráficos, pode-se visualizar como eles estão diretamente relacionados entre com o faturamento do excedente reativo. Percebe-se que, no mês em que ocorre o menor valor do fator de potência em um gráfico de acompanhamento do Fator de Potência Médio, ocorre o maior valor de fatura no mês equivalente no faturamento de energia reativa excedente. Isso ocorre, porque, quanto menor o valor do fator de potência, tem-se uma maior quantidade de energia reativa sendo consumida e, conseqüentemente, também tem-se um menor rendimento dos equipamentos elétricos presentes na instalação.

Na maioria dos casos abaixo em que se verificou diferença entre o fator de potência e o regulado (0,92), não se verificou uma cobrança tão expressiva da energia excedente reativa no faturamento total da conta de energia. No entanto, vale ressaltar que a importância na correção do fator de potência não está ligada apenas à cobrança da energia reativa excessiva, mas, também, ao aumento da vida útil das instalações e equipamentos, redução de calor gerado em equipamentos e outros diversos ganhos relacionados à eficiência energética.

Olhando-se para UC1, pode-se ver que houve uma instabilidade nos valores do fator de potência médio no horário fora ponta ao longo do período, porém, de forma pouca expressiva, uma vez que os valores estão próximos do valor de referência regulado. No horário de ponta teve-se uma queda abrupta do fator de potência em dez/2019, porém, nos meses seguintes, houve uma correção desse valor do fator de potência. Nos meses em que houve cobrança de energia reativa, o faturamento não foi expressivo com relação à conta total.



Olhando para UC2, não houve consumo de energia reativa no horário ponta e, nos horários fora ponta, o fator de potência médio teve estabilidade em torno do fator de potência 0,92. Nota-se uma queda em mar/19, no entanto, a energia reativa resultante dessa queda não impactou de forma expressiva na conta final total e nos meses posteriores o fator potência se estabilizou no valor regulado.

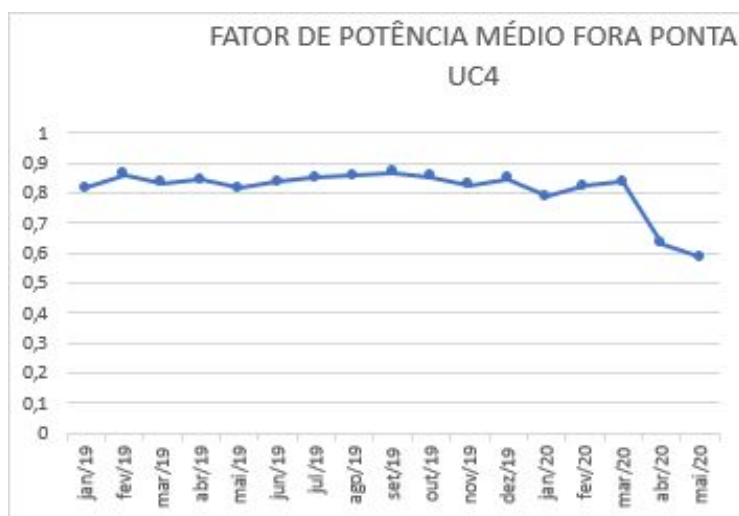


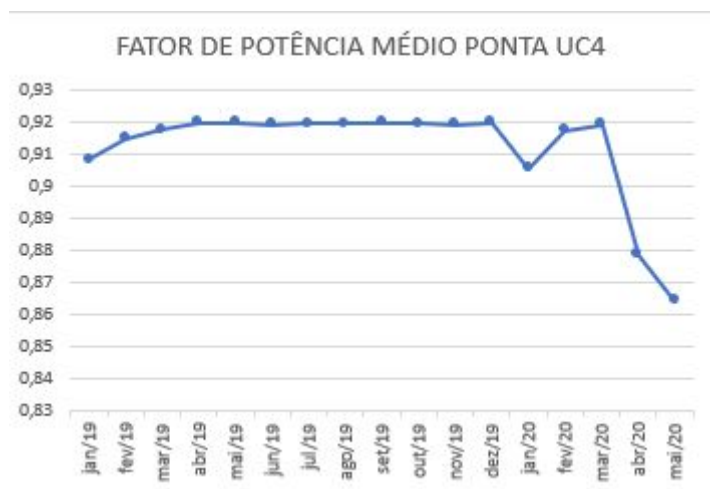
Agora, olhando para UC3, nota-se que ao longo dos meses em que foram coletados dados para o horário de ponta, houveram alguns meses em que o fator de potência médio esteve abaixo do valor regulado, dessa forma, houve uma cobrança do excesso de reativo nesses meses. Porém, esses valores não foram tão expressivos ao se fazer uma proporção com relação ao total cobrado na conta. Mas houve-se a correção do fator de potência nos meses posteriores. Já no horário fora da ponta, vemos uma maior instabilidade do valor do fator de potência abaixo de 0,92 ao longo do tempo, no entanto, o valor cobrado pelo excedente de reativo não foi tão expressivo com relação ao faturamento total. No final do período, ocorreu correção do fator.



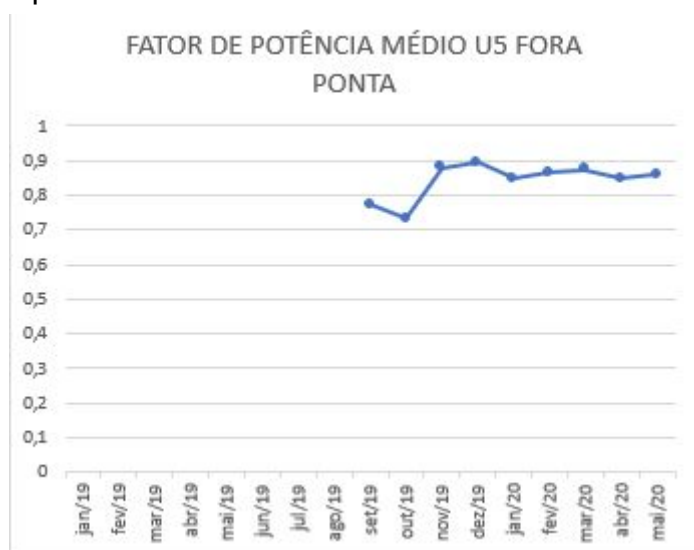


Analisando o fator de potência médio fora ponta para UC4, nota-se que houve uma estabilidade no fator de potência ao longo dos primeiros meses do período estudado em torno do valor 0,85. Tal diferença não impactou de forma expressiva no valor resultante final da cobrança, porém, no final do período, houve uma queda significativa do fator de potência até 0,58 em mai/20, resultando numa cobrança significativa no valor excedente de energia reativa. Para esse caso, será muito importante uma ação de correção para os próximos meses. No período de ponta também ocorre um comportamento muito semelhante, tendo uma estabilidade próxima de valores muito próximos a 0,92 durante maior parte do período, com uma queda para o valor de 0,86 no final. Não trata-se de um valor que gerou um custo significativo, mas deve-se se atentar a esse comportamento de queda.



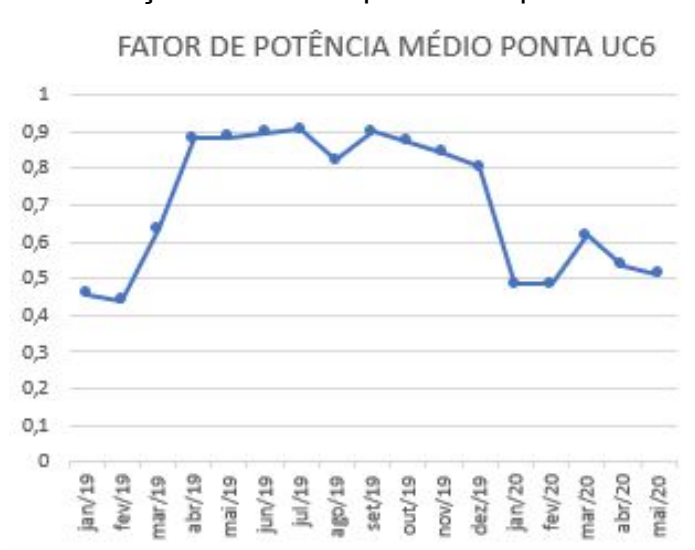


Analizando o fator de potência médio fora ponta para UC5, nota-se que, durante todo o intervalo de tempo esse valor esteve abaixo do regulado. No entanto, o menor valor foi de 0,73 em out/19, gerando um faturamento de energia reativa excedente de aproximadamente R\$127, que não corresponde a um valor tão expressivo com relação ao total cobrado. Nos meses seguintes, houve uma melhora no valor, com uma certa estabilidade em torno de 0,84. Já no horário de ponta, houve bastante instabilidade ao longo de todo período, com o maior valor de 0,89 em dez/2019 e menor valor de 0,77 em jan/2020, encerrando com 0,85 em mai/2020. Olhando-se apenas para a fatura de energia, a correção desses valores de fator de potência pode não trazer tantos benefícios a curto prazo, uma vez que o valor de energia reativa excedente cobrado não foi tão expressivo com relação ao valor total pago na fatura de energia. No entanto, a correção do fator de potência não impacta apenas o valor da fatura de energia, podendo trazer vários benefícios de eficiência energética na instalação elétrica, como já foi explicitado no início deste tópico.





Por fim, olhando-se para o fator de potência médio para UC6, nota-se um caso bem crítico no final do período para ambos os horários de operação. Para o horário fora de ponta, o valor de fator de potência chegou a 0,45 em mai/2020. Para o valor de ponta chegou-se a 0,51 em mai/2020. Com esses valores, nota-se um consumo muito significativo de energia reativa sobre o valor de energia ativa, impactando tanto o valor faturado da energia reativa excedente quanto os equipamentos da rede e instalação elétrica. Dessa forma, será importante uma medida de correção do fator de potência a partir do final desse período.





[2]<https://www4.feb.unesp.br/dee/docentes/cagnon/ENERGIA/FATOR%20DE%20POTENCIA.pdf>

[3]<https://slideplayer.com.br/slide/4074320/>

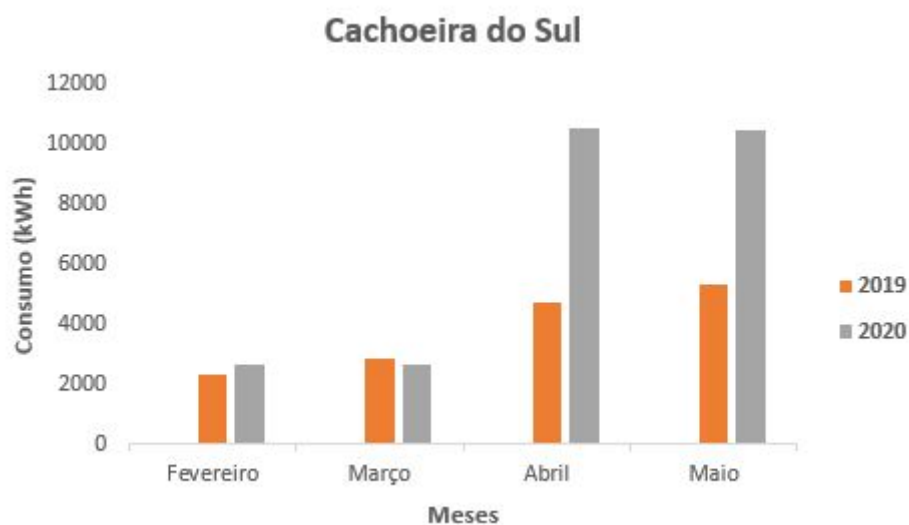
Análise da pandemia

São Martinho da Serra:



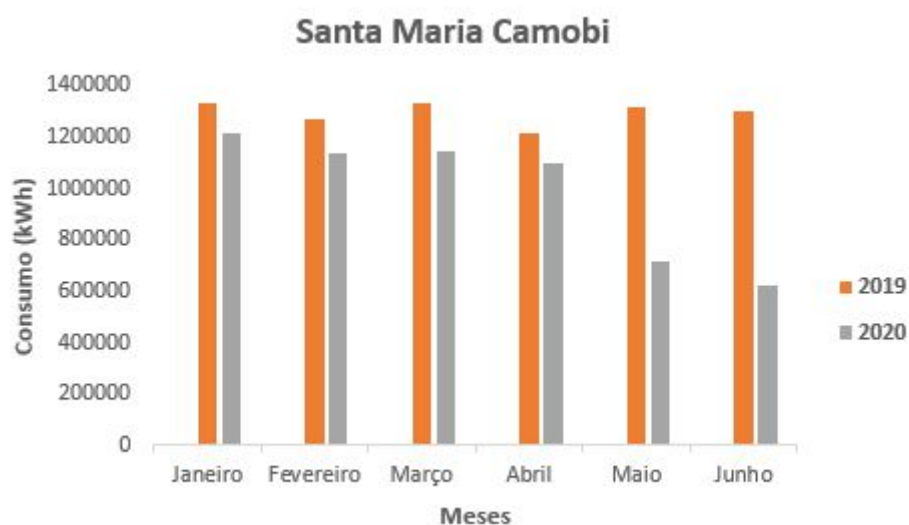
Em São Martinho da Serra, município próximo a Santa Maria, situa-se o observatório da UFSM. Quando comparados os consumos dos primeiros meses dos anos de 2019 e 2020, notamos que mesmo com todo o impacto gerado pela pandemia em 2020, o observatório continuou funcionando, pois apresentou consumo maior na maioria dos meses. Ou seja, suas atividades não foram tão impactadas pelo surto de COVID-19.

Cachoeira do Sul:



Este campus se torna difícil a análise do impacto da pandemia pois até final de 2019 ele pertencia ao grupo B3, a partir de fevereiro de 2020 migrou para bandeira tarifária verde com demanda contratada de 300 kW, por isso nota-se esse aumento significativo com relação aos meses de abril e maio.

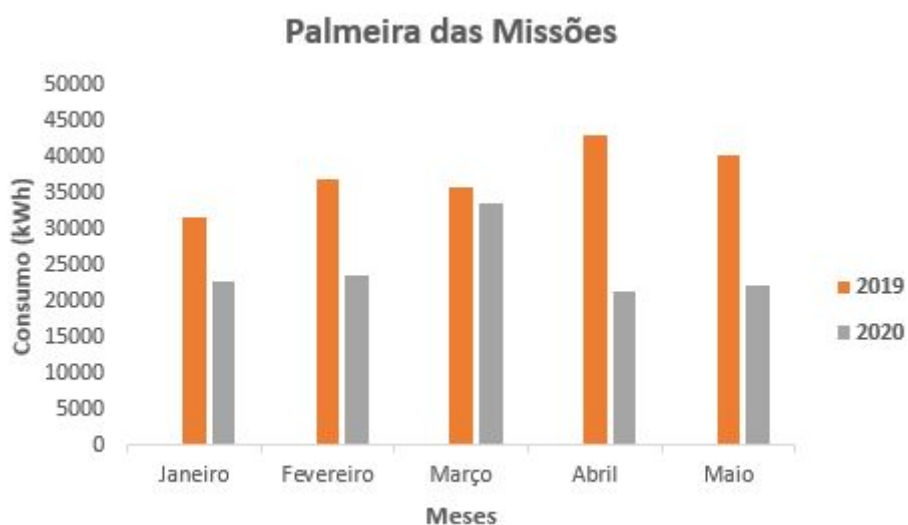
Santa Maria Camobi e Centro:





Estes são os principais campus da UFSM, onde se concentra o maior consumo de energia. Nesta análise, podemos perceber o impacto da pandemia no dia-a-dia da universidade. O consumo de 2020 sempre se manteve menor que em relação a 2019. Esta queda se dá pelo modelo EAD adotado pelas universidades para proteção e preservação da vida dos discentes e docentes.

Palmeira das Missões:



Este campus segue o padrão de redução de consumo causado pela pandemia. Pode-se supor que no mês de março/2020 o campus tenha tentado voltar com algumas atividades, pois percebemos que o consumo foi praticamente o

mesmo do ano anterior, porém a partir de abril, verifica-se a mesma redução drástica no consumo, consequentemente nas atividades do campus.