PROPOSIÇÃO DE NOVO ENQUADRAMENTO TARIFÁRIO E ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO

Arlênio J. Souza[1]; Patrick S. Oliveira[2]; Danielle C. Oliveira[3]; Mariana G. dos Santos[4]

[1]Graduando do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas - IFMG *Campus* Formiga (arlenio777@gmail.com); Professor orientador: [2]Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, professor do IFMG, (patrick.oliveira@ifmg.edu.br); [3]Mestre em Informática, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, professora do IFMG, (danielle.oliveira@ifmg.edu.br); [4]Mestre em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de São João Del Rey – UFSJ, professora do IFMG, (mariana.santos@ifmg.edu.br)

Resumo: A atividade pública de tratamento de água, que em algumas cidades é gerida pela prefeitura, desempenha papel de crucial importância para os cidadãos. Os serviços de captação de esgoto, tratamento e bombeamento de água são tão básicos quanto imprescindíveis para alcançar níveis de qualidade de vida minimamente satisfatórios. A eficiência na prestação desses serviços, principalmente no que tange o consumo de energia elétrica, é de suma importância para a cobrança de tarifas mais justas. Sob uma perspectiva econômica e financeira, as ineficiências no uso de energia constituem custos que são suportados por subsídios à operação dos serviços e por taxas e tarifas cobradas dos usuários. A metodologia de análise tarifária é uma das estratégias utilizadas para se obter a redução dos custos com energia, identificando como essa é utilizada nos processos e de que forma ela será cobrada pela concessionária que a fornece. Este trabalho objetivou realizar uma análise e possível readequação tarifária de uma subestação de tratamento e bombeamento de água de uma cidade do centro-oeste de Minas Gerais, visando a economia com a fatura de energia. O estudo também contemplou análise da eficiência dos principais equipamentos da instalação. Os resultados apontaram possibilidades de melhorias no consumo de energia elétrica, tanto por equipamentos como relacionado a investimentos de médio e longo prazo.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Enquadramento Tarifário. Tratamento de Água. Serviço Público.

Introdução

Nas últimas décadas, vários especialistas têm estudado sobre fontes alternativas para gerar energia elétrica e suprir a demanda global. Existem diversas fontes consumidoras de energia, sendo as Estações de Tratamento de Água uma das principais, pois, consomem cerca de três por cento da energia nacional com o abastecimento de água e tratamento de esgoto e, desse total, mais de 90% destina-se ao uso de motores e bombas (LUZ *et al.*, 2016).

Tornar esse consumo mais eficiente e sem desperdícios é fundamental para aplicar os recursos de uma autarquia na melhoria dos serviços prestados, impactando positivamente nas tarifas cobradas e consecutivamente, fornecer água com uma tarifa menor aos cidadãos (DUTRA, 2005).

É um tema de alta relevância frente a cenários de escassez de energia elétrica, além da sua relação direta com a saúde financeira dos prestadores de serviços, uma vez que podem representar desperdício de recursos naturais, operacionais e de receita. Dessa forma, os custos decorrentes das perdas devem ser minimizados e estar sujeitos a gerenciamento apropriado, pois são repassados ao consumidor final.

O presente trabalho descreve o estudo para apontar meios de gerar economia desenvolvido no serviço público de tratamento de água de uma autarquia de orçamento próprio, entretanto, de gestão determinada pela prefeitura. De maneira objetiva, a água é captada e chega às unidades de tratamento, onde ela se torna própria para consumo e deve ser bombeada para as regiões das cidades ou ainda para subestações elevatórias para atingir regiões mais distantes ou mais elevadas. Em toda essa cadeia de captação, tratamento e abastecimento, existem conjuntos de bombas e motores elétricos e uma estrutura que demanda grande quantidade de energia elétrica.

Os gastos com energia elétrica representam 25% do custo de operação de uma autarquia de tratamento de água (JAMES *et al.*, 2002). A instalação do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) em análise tem um gasto total de R$26.000,00 em faturas de energia elétrica mensalmente. Sendo o maior gasto com a instalação denominada Casa de Bombas, com uma fatura mensal de aproximadamente R$16.000,00.

Atualmente, a instalação é ligada em baixa tensão à rede elétrica, deste modo é necessário realizar o levantamento da curva de demanda para a viabilização de um novo enquadramento tarifário em baixa tensão ou em média tensão (13,8 kV). Nestas novas modalidades existem valores distintos para a energia consumida em horário de ponta e horário fora de ponta, o que deve apontar se a mudança de enquadramento tarifário é vantajosa. Além disso, para ser ligado em média tensão é necessário contratar uma demanda de energia com a concessionária e realizar a montagem de uma subestação com transformadores abaixadores e dispositivos de proteção e medição (FILHO, 2017).

O presente trabalho foi realizado a partir de visitas na subestação de bombeamento de água, entrevistas com os responsáveis para levantamento de informações úteis sobre a operação dos equipamentos, bem como medições da tensão e corrente dos principais equipamentos e monitoramento da temperatura durante diferentes etapas da operação. Espera-se contribuir com diagnósticos e proposições para a melhoria da eficiência destes tipos de instalações, principalmente as

de responsabilidade de pequenas prefeituras, sem equipe técnica qualificada ou uso de tecnologias facilmente encontradas em grandes instalações.

Além desta primeira seção, este artigo está organizado em outras três da seguinte forma: são apresentados os materiais e métodos, em seguida discute-se os resultados a partir dos dados evidenciados. E, finalmente, na última seção, são apresentadas as conclusões do estudo.

Materiais e Métodos

Primeiramente, foi realizado um levantamento dos modelos tarifários vigentes e em qual a autarquia se encontra, além do levantamento de faturas de energia elétrica de suas instalações. Constatou-se que a instalação da Casa de Bombas está ligada em baixa tensão à rede elétrica (Convencional) e pertence ao subgrupo B3.

A Casa de Bombas é o local onde chega à água retirada dos poços artesianos e onde ocorre o tratamento e o bombeamento dessa água para a população. Os processos consistem no bombeamento da água que é retirada dos dois poços que alimentam o sistema, cada poço possui uma bomba de 10 cv. Posteriormente, são adicionados os produtos responsáveis pelo tratamento de água em uma sala ao lado dos motores principais. Depois de tratada a água, ela é bombeada por uma bomba de 40 cv, sendo que há uma bomba reserva de mesma potência ao lado da mesma. Ambos os motores já foram rebobinados e não se tem os dados precisos de placas dos mesmos.

a) Coleta de dados

Para o levantamento da curva de demanda, foi utilizado o analisador de qualidade da energia elétrica trifásico ET-5051C, da marca Minipa. O equipamento foi levado até a autarquia, onde foi deixado coletando os dados necessários entre os dias 22 de maio e 12 de junho. Os 22 dias, nos quais o analisador realizou as medições na Casa de Bombas, forneceram dados suficientes para o levantamento da curva de demanda da instalação. Para aferição de imagens termográficas, utilizou-se a câmera térmica I5, da marca Flir.

b) Análise dos dados

Com a obtenção da curva de demanda da Casa de Bombas, deu-se início a proposição de um novo enquadramento tarifário com análise técnica e econômica de sua implantação e considerando a aquisição de equipamentos para efetuar a mudança.

Foram realizados levantamentos dos principais equipamentos no que se refere ao consumo de energia elétrica e os processos em que estão inseridos para verificar possíveis problemas ou pontos de melhoria para diminuir o consumo de energia elétrica dos mesmos.

Também foram criadas medidas de investimento a médio e longo prazo, vislumbrando o tratamento e bombeamento de água eficiente, econômico e de qualidade para a população.

Resultados e discussões

Durante a primeira visita *in loco*, constatou-se que um banco de capacitores estava ligado à instalação da Casa de Bombas de maneira incorreta, uma vez que o mesmo sempre permanecia conectado à rede, sem que houvesse nenhuma análise do valor do fator de potência e se havia ou não a necessidade de corrigi-lo. Deste modo, o banco de capacitores que estava sendo utilizado foi retirado, e, caso seja necessário, será ligado novamente de maneira correta. Também foi deixado nas instalações o analisador de energia.

Colhidos os dados obtidos pelas medições do analisador de energia, foi iniciado o processo de levantamento das curvas de demanda da Casa de Bombas.

a) Manipulação de dados

Ao analisar os dados obtidos, observou-se que as bombas que alimentam a região urbana da cidade trabalham em um regime de funcionamento bem variado, ligando e desligando várias vezes durante o dia em intervalos curtos de tempo. Isto ocorre, pois, o reservatório de água é pequeno para atender toda a cidade e necessita ser reenchido a todo o instante.

Esta situação se mostra problemática para mudança de regime tarifário, pois as bombas funcionariam normalmente no horário de pico (tarifa mais alta).

b) Novo enquadramento tarifário

Através dos dados obtidos, foi possível realizar a proposição de um novo enquadramento tarifário da autarquia. Considerando uma demanda de 60 kW, sem ultrapassagem e sem aplicação de impostos, os valores obtidos estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1 - Simulação de tarifação.

Baixa Tensão		Média Tensão	
Convencional	Branca	HS Verde	HS Azul
R$13.734,95	R$ 3.645,66	R$11.557,75	R$12.240,42

Há uma redução no valor final da fatura, de aproximadamente de R$2.000,00, caso haja uma mudança de baixa para média tensão. Entretanto, não foram consideradas multas por ultrapassagem da demanda contratada.

c) Regime de funcionamento

Observando o perfil de consumo diário da Casa de Bombas, nota-se que a bomba principal da instalação é ligada e desligada várias vezes durante o dia, assim como mostra a Figura 1.

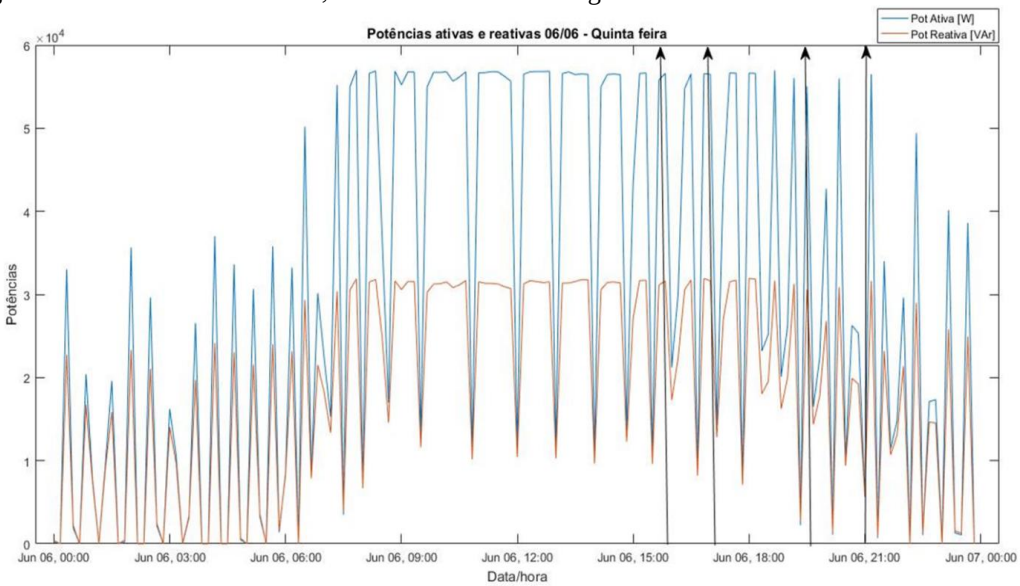

Figura 1: Curva de Demanda de Potências Ativa e Reativa

Sendo assim, mesmo que haja uma redução no valor, há grandes riscos de que ocorra um maior consumo nos horários de ponta (energia mais cara), tomando por referência o perfil de consumo atual da instalação. Deste modo, a mudança de regime seria economicamente inviável, uma vez que poderia sair mais caro do que o regime convencional ou até mesmo a tarifa branca.

d) Subestação

Para a subestação, segundo Rodrigues (2017) são necessários equipamentos de transformação de potencial de medição, proteção e seccionamento, barramentos, quadros de distribuição, além da construção em alvenaria de um abrigo para os equipamentos da subestação.

Os equipamentos de medição trata-se de um transformador de corrente (TC) e um transformador de potencial (TP) conforme ilustrado na Figura 2 a seguir. O TC produz no seu secundário uma amostra da corrente que percorre em seu primário, uma vez que seria inviável efetuar a medição com os valores altos de corrente que circulam em seu primário. O TP possui função semelhante, no entanto, ele é capaz de reduzir a tensão de entrada para valores aceitáveis utilizados pelos equipamentos de medição. Ambos os dispositivos são para uso interno.

Figura 2: Transformador de Corrente e Potencial de Medição, respectivamente, para tensão de 13,8kV.

Para a proteção e seccionamento da subestação, é necessário a aquisição de disjuntores de média tensão, que são aparelhos de segurança eletromecânicos usados para seccionamento de circuitos (FILHO, 2017). Outro dispositivo de seccionamento indispensável é a chave seccionadora, que tem por função isolar cada seção da subestação, a chave deve possuir abertura conjunta em todas as fases, proteção contra sobrecorrente e atuação manual com acionamento sobre alavanca.

Por fim, na parte de seccionamento e proteção, tem-se o relé de proteção microprocessado, este por sua vez tem por função realizar o seccionamento do disjuntor de média tensão. O relé de proteção trata-se de um equipamento de proteção secundário, ou seja, não tem contato direto com a tensão e corrente nominal, sendo então necessário o uso de TCs e TPs que enviem sinais de corrente e tensão que o relé seja capaz de processar (MAMEDE, 2013).

O elemento principal de uma subestação abaixadora, é o transformador de carga, ele é o responsável por receber o potencial de 13,8kV da distribuição e transformar para valores utilizáveis de 127/220/380 ou 440V, dependendo da instalação. O transformador pode ser visto na Figura 3.

Para o caso da Casa de Bombas, o transformador deveria possuir uma potência de 75kVA, esta potência é suficiente para suprir toda a instalação e ainda suporta um aumento de carga de 10 kVA, considerando que a instalação atual tem uma demanda de 65kVA.

Figura 3: Transformador de potencial 75kVA com isolação a óleo.

Os últimos elementos demandados na construção da subestação são os equipamentos e materiais de ligação, que são responsáveis pelo transporte de tensão e corrente entre os blocos de medição, proteção e transformação (RODRIGUES, 2017). São necessários aquisição de barramentos de cobre nu para realizar a ligação de um equipamento a outro, além de buchas de passagem que realizar a transição entre as baias.

Por fim, tem-se o ramal de entrada que é o ponto de ligação entre a rede da concessionária de energia e o ponto de medição de consumo de energia elétrica do consumidor, também denominado entrada de energia (RODRIGUES, 2017). Para o ramal de entrada, é preciso que sejam adquiridos eletrodutos para a passagem dos cabos.

Vale ressaltar que todo o projeto e construção de uma subestação devem estar de acordo com a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), portanto, a compra de equipamentos não deve ser feita antes que o projeto seja aprovado por ela.

e) Tarifa branca

Tendo em vista a grande aquisição de equipamentos e o grande período de construção de uma subestação abaixadora, a mudança que traria retorno mais rápido seria para a tarifa branca, uma vez que não há necessidade de construção de uma subestação abaixadora, somente a aquisição de um medidor digital trifásico.

Mas mesmo assim, para que haver uma redução significativa no valor da fatura, é necessário que ocorra uma mudança no perfil de consumo, vislumbrando a redução do acionamento da bomba nos horários das 16:00 às 21:00 (exceto em finais de semana e feriados nacionais, pois não há aumento no valor da energia).

f) Reservatórios

Para que ocorra uma redução no consumo de energia, seria necessário que o reservatório que abastece a cidade seja aumentado, a fim de suprir o consumo de água da população nos horários em que a energia é mais cara.

O Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) possui uma linha de crédito específica para abastecimento e tratamento de água, sendo que é possível financiar até 90% do valor final do projeto e tem-se um prazo de financiamento de 34 anos, entre o período de carência e o prazo de amortização.

g) Quadro de comandos e distribuição

Vale ressaltar que os quadros de comando e distribuição também estão bem precários. Há diversos dispositivos que estão soltos no meio do quadro, os fios não estão presos corretamente, o que pode dificultar uma eventual manutenção ou até mesmo ocasionar um acidente com os operadores.

Sendo assim, a modernização dos quadros é imprescindível para uma operação mais segura e, também, um aumento na eficiência dos equipamentos, trazendo economia nos custos de operação e manutenção.

h) Imagens termográficas

Nesta mesma instalação, foi utilizada a câmera I5 nos equipamentos e circuitos em regime permanente. Após a aferição das imagens térmicas, constatou-se que o motor da bomba principal estava com uma temperatura razoavelmente alta, algumas partes do motor ultrapassaram a temperatura de 110ºC.

Como o motor foi rebobinado, não se tem informações precisas de qual a classe de isolação térmica a qual ele pertence. Na Figura 4 é apresentada uma figura da medição da temperatura com foco no eixo do motor.

Figura 4: Imagem da câmera termográfica.

i) Medidas de investimentos

A fim de ter-se um tratamento e bombeamento de água eficiente, econômico e de qualidade, foram feitas algumas proposições de medidas de investimentos a médio e a longo prazo.

Para médio prazo, foram feitas algumas medidas que necessitam de um pouco mais de atenção. Dentre elas:

- Modernização quadros de comando e distribuição:

Como os quadros estão bem precários, é necessário que ocorra uma modernização e melhoria dos mesmos. Para que assim, tenha-se um aumento da eficiência e segurança.

- Correção de maneira correta do fator de potência:

Como dito anteriormente, a correção do fator de potência era feita de maneira errada. Sendo assim, é preciso que um banco de capacitor com uma potência de 30 kVar seja instalado, tendo em vista que esta é a maior potência reativa gerada pelos motores da instalação. Mesmo que não seja cobrada energia reativa, a correção do fator de potência faz com que haja menos corrente circulando pelos condutores, diminuindo o aquecimento e as perdas nos condutores.

- Motores:

Os motores devem ter uma atenção especial, pois são os principais consumidores da instalação e também possuem grandes problemas. Os dois motores das bombas principais já foram rebobinados mais de uma vez e não se tem informações precisas de seus dados de placa, deste modo, não é possível saber se estão trabalhando na faixa de temperatura adequada ou não. Ao ser rebobinado, segundo EASA (2003), a eficiência do motor (Capacidade de o motor transformar a energia elétrica em mecânica) cai de 1% a 5%, e em casos de repetidos recondicionamentos, a perda de eficiência pode ser ainda maior, como é o caso dos motores utilizados.

Como a bomba é partida diversas vezes durante o dia, o método de partida compensadora acaba não sendo adequado, pois o motor parte com a carga total o que acaba ocasionando grandes trancos em seu eixo. Sendo assim, a utilização de um soft starter resolveria este problema. O soft starter é um dispositivo eletrônico que tem por função controlar a tensão de partida do motor e também sua desenergização.

Com ele, é possível suavizar a partida de motores, deste modo, não haverá mais trancos bruscos no motor, também é possível que o desligamento seja feito de maneira suave. Através do soft starter há como limitar a corrente de partida do motor, a fim de se evitar grandes picos de corrente, que sobrecarregam as instalações elétricas.

O soft starter, mostrado na Figura 5, pode substituir os tradicionais modos de ligação estrela - triângulo, chave compensadora e partida direta. O custo de aquisição de um soft starter que atenda as especificações da Casa De Bombas é de aproximadamente R$2000,00.

Figura 5: Soft-starter WEG SSW07.

Observou-se que os motores estavam mal fixados e por esse motivo vibrando bastante. A vibração pode acabar diminuindo a vida útil do motor, uma vez que os rolamentos se desgastam bem mais rápido.

Além disso, como o tratamento de água ocorre em uma sala do lado, há uma grande quantidade de humidade perto dos motores e, como diversos produtos químicos são utilizados, os motores acabam sendo expostos a agentes corrosivos. Para sanar este problema, seria necessária a isolação da sala de motores da sala onde é realizado o tratamento de água.

Na linha de financiamento do BNDES citada anteriormente para aquisição de reservatórios, também é possível o financiamento de equipamentos elétricos para a modernização. Sendo assim, quando os motores vierem a apresentar algum problema comprometedor, a aquisição de um novo motor seria economicamente mais viável, uma vez que um motor mais novo possui uma eficiência maior do que os motores rebobinados utilizados pela autarquia.

- Instalação de medidores de vazão:

Atualmente, não se tem nenhuma informação da vazão que sai das bombas em sentido reservatórios da cidade. Para que se tenha um controle maior da qualidade dos equipamentos e para que se saiba suas eficiências, é necessário a instalação dos medidores de vazão, pois, com estes dados é possível fazer uma relação entre a potência consumida e a quantidade de água que é bombeada. Com isso, será possível identificar melhor os problemas da instalação.

Além das medidas de médio prazo, foram listadas algumas medidas de longo prazo que não precisam de atenção urgente. São elas:

- Tubulações antigas:

Em uma das visitas, pôde-se perceber que as tubulações são bem antigas e já possuem vários sinais de desgaste por corrosão, algumas partes chegam até a vazar água. A fim de ter-se um maior desempenho no bombeamento da água, sem perdas no percurso, a substituição das tubulações acarretaria numa quantidade menor de perdas, diminuindo a quantidade de vezes em que a bomba seria acionada e o tempo em que estaria trabalhando, e aumentando a qualidade da água que é entregue a população. O estado das tubulações pode ser visualizado pela Figura 6 abaixo.

Figura 6: Tubulações que saem da bomba principal.

- Instalação de um reservatório maior:

Para que seja viável a instalação de uma subestação, é necessário a instalação de um reservatório maior, que seja cheio nos horários fora de ponta e durante o horário de ponta possa suprir a demanda de consumo d'água da cidade sem que a população fique sem água.

Conclusões

Neste trabalho foram apresentadas proposições de um novo enquadramento tarifário com análise técnica e econômica vislumbrando a diminuição das faturas de energia elétrica de uma autarquia de tratamento de água.

Os resultados se mostraram promissores quanto à redução da fatura de energia, desde que medidas de investimento visando a modernização dos equipamentos, aumento dos reservatórios sejam realizadas.

Nesse sentido, adotadas as ações descritas e com os devidos dados monitorados por parte do prestador, pode-se avaliar de forma concisa o consumo específico de energia e obter resultados significantes no que se refere à eficiência energética.

A redução dos gastos referentes pode propiciar maior aproveitamento do sistema existente, direcionando a aplicação dos recursos economizados para melhorias necessárias ou outras atividades do setor público.

Agradecimentos

Agradecimentos a todos os integrantes do Grupo de Pesquisa CNPq, GSE (Grupo de Soluções em Engenharia), pela interação e colaboração.

Referências Bibliográficas

DUTRA, J. B. *A. Eficiência energética no controle da vazão em sistemas de bombeamento de água: uso de válvula e controle de velocidade*. Eletricidade moderna, agosto de 2005.

EASA, Electrical Apparatus Service Association Inc.; AEMT, Association of Electrical and Mechanical Trades. *The effect of repair/rewinding on motor efficiency. EASA/AEMT Rewind Study and Good Practice to Maintain Motor Efficiency. Good Practice Guide to maintain motor efficiency,* p. 1-82, 2003.

FILHO, J.M. Instalações elétricas industriais. Editora LTC, Ed.9, 2017.

JAMES, K.; CAMPBELL, S. L.; GODLOVE, C. E. *Água e Energia: Aproveitando as oportunidades de eficientização de água e energia não exploradas nos sistemas municipais*. Washington D.C.: Alliance toSave Energy, 2002.

LUZ, EMANUEL; RÉ, Angelita; HERNANDES, Fábio; CASTANHO, Maria. (2016). Economia de Energia no Sistema de Abastecimento de Água: Uma Abordagem Usando Algoritmos Genéticos. DOI:10.5540/03.2016.004.01.0108.

MAMEDE FILHO, J. *Manual de Equipamentos Elétricos*. 4Ed. São Paulo Editora: LTC. 2013.

RODRIGUES, Gabriel Santiago Raimundo. *DESENVOLVIMENTO, PROJETO E EXECUÇÃO DE CABINE DE SUBESTAÇÃO EM MÉDIA TENSÃO*. 2017. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Formiga, Formiga, 2017.