

## Internet das Coisas na Educação – trajetória para um campus inteligente

Liane M R Tarouco<sup>1</sup>, Ivan J Boesing, Dante A C Barone, Gilberto R P Rosa

<sup>1</sup>Pós-Graduação em Informática na Educação– Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Av Paulo Gama 110, Anexo III, s 344 – 90.040-060 – Porto Alegre – RS – Brazil

[liane@penta.ufrgs.br](mailto:liane@penta.ufrgs.br), [ivanboesing@gmail.com](mailto:ivanboesing@gmail.com), [barone@inf.ufrgs.br](mailto:barone@inf.ufrgs.br),  
[gilberto.rosa@inf.ufrgs.br](mailto:gilberto.rosa@inf.ufrgs.br)

**Abstract.** *This paper describes a study aimed at implementing solutions based on the Internet of Things aimed at improving the quality of life on campus and, consequently, the quality of education, using smart campus solutions with low cost and community involvement.*

**Resumo.** *Este artigo descreve um estudo visando a implementação de soluções calcadas em Internet das Coisas com vistas a conseguir aprimorar a qualidade de vida no campus e em consequência a qualidade da educação usando soluções de campus inteligente com baixo custo e envolvimento da comunidade.*

### 1. Introdução

A Internet das Coisas constitui o segmento com maior taxa de crescimento atual no contexto de TIC. A empresa Gardner [2017] estimou que em 2017 haverá um total de 8,4 bilhões de coisas conectadas, o que constitui um aumento de 30% em relação a 2016 e estima que em 2020 serão 20 bilhões de coisas. Já o número de usuário conectados, de acordo com a Internet World Stats (2017), foi de 3,8 bilhões em março de 2017. Outro crescimento notável a salientar foi no segmento de dispositivos móveis. De acordo com o relatório da Ericsson (2017) o crescimento do número de assinantes de serviços de telefonia celular cresce 25% ao ano e em 2017 atingiu 7,1 bilhões. Conforme apresentado no relatório da Ericsson (2017) o total de dispositivos já supera o tamanho da população em muitos países. Dentre os dispositivos de assinantes do serviço de telefonia celular, os smartphones já constituem a maioria e em 2017 representam 80% do total. Esta situação criou condições para o crescimento de seu uso como recurso educacional uma vez que praticamente todos os alunos a partir da idade de 11 anos tem à sua disposição um celular e já em 2015 73% dos estudantes usavam o celular como principal meio de acesso à Internet [CETIC 2017].

Por outro lado, a proliferação de tipos de dispositivos conectados à Internet associada à redução no seu custo levou ao aumento de alternativas de seu uso no mundo empresarial e atualmente está iniciando uma fase de exploração de possíveis usos da Internet das Coisas no contexto educacional, aliando o uso de sensores ao de dispositivos móveis (tablets e smartphones).

O presente trabalho apresenta uma análise das possibilidades de uso da Internet das Coisas e relata um experimento de implantação de um protótipo visando testar uma

solução para o campus da UFRGS, combinando o uso de dispositivos móveis para sensoriamento participativo e de dispositivos sensores.

## 2. Internet das Coisas, cidade inteligente e campus inteligente

O termo cidade inteligente tem vários significados que estão associados ao conceito de comunidade inteligente. Conforme definido pela Universidade da Califórnia San Diego [ICC 1997 apud Lindskog 2004] “comunidade inteligente é descrita como uma área geográfica variando de tamanho desde uma vizinhança até uma região envolvendo vários condados, cujos moradores, organizações e instituições governamentais estão usando a tecnologia da informação para transformar sua região de maneira significativa”. A partir deste conceito, pode-se estabelecer uma definição de cidade inteligente como um ambiente inteligente, que embute tecnologias da informação e da comunicação (TIC) que permitem a criação de ambientes interativos e dinâmicos, capazes de reagir às condições percebidas e prover informações para que as pessoas se ajustem às condições momentâneas do ambiente.

Tradicionalmente quando se pensa em cidade inteligente ou campus inteligente é pressuposto o uso de Internet das Coisas (ou IoT do inglês Internet of Things) que possibilita toda uma nova gama de estratégias de uso da tecnologia, tal como ilustrado na Figura 1.



**Figura 1. Experimentos piloto com Internet of Things na Universidade Marshall.**  
**Fonte: Apresentação de Ed Aractingi em Internet2 (2016)**

As diferentes formas ilustradas na Figura 2 mostram opções de implantação de soluções usando IoT em um campus. Estas aplicações foram desenvolvidas como protótipos, pelos alunos de um curso de computação, na Universidade de Marshall [Aractingi 2017]. Outros exemplos de uso de Internet das Coisas foram relatados no mapeamento sistemático sobre Internet das Coisas e educação a distância elaborado por Fuzeto e Braga (2016) incluindo o uso de etiquetas RFID, redes de sensores sem-fio bem como o uso de aparelhos móveis pessoais.

Diferentes setores como serviços de saúde e atendimento a clientes já tem experimentando o poder da Internet das Coisas. A Internet das Coisas tem um enorme potencial para alavancar a motivação o que tem inegável valor na Educação. Um exemplo de combinação do uso de dispositivos sensores de movimentação (pedômetros), integrado a um mundo virtual 3D mostrou ser capaz de promover motivação de pessoas envolvidas em esforço para aprender novos hábitos de atividade física, visando redução de obesidade. Graças à realimentação derivada do uso do sensor,

aliada ao incentivo encontrado no mundo virtual 3D os participantes do experimento intensificaram e aprimoraram sua atividade física e conseguiram redução de peso [Sgobbi 2017].

Para ensinar a transformação de um campus universitário em um campus inteligente é preciso haver integração entre vários sistemas: educação, pesquisa, cuidado em saúde, infraestrutura, segurança, transporte, sustentabilidade entre outros. Mas a implementação de um cenário de campus inteligente esbarra em alguns obstáculos derivados de questões financeiras (custo de aquisição, instalação e manutenção de dispositivos inteligentes bem como o desenvolvimento de aplicações capazes de aproveitar os dados gerados pelos dispositivos). A falta de interoperabilidade entre os dispositivos que usualmente não obedecem a padrões e são fornecidos associados a soluções proprietárias também constitui empecilho assim como a segurança e privacidade (na medida em que dados são capturados à revelia dos usuários e usados sem que os mesmos tenham chance de saber como, quando ou porquê). A partir destas considerações, fica evidente a necessidade de investigar uma solução para campus inteligente capaz de oferecer opções para minimizar os problemas apontados: financeiro, interoperabilidade e segurança/privacidade. Mas a solução precisa antecipar crescimento tanto quantitativo (aumento na quantidade de dispositivos e usuários) quanto qualitativo (novos dispositivos agregados ao sistema em algum futuro a médio ou longo prazo).

Na UFRGS, o Plano Diretor de Tecnologia de Informação para o período de 2016-2021 [UFRGS 2016] registra a preocupação com a integração de recursos inovadores de TIC e destaca que: “Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) desempenha um papel essencial para o desenvolvimento institucional, pela natureza transversal que permeia todas as atividades acadêmicas e de administração. Por isso, a Universidade deve, através de ferramentas tecnológicas, buscar desenvolver a gestão do conhecimento dos serviços prestados e dos processos de trabalho, para obter as informações necessárias que deverão ser base para a tomada eficiente de decisões”. No contexto do PDTI/UFRGS é ressaltada a necessidade de assegurar a adequação da infraestrutura de TI às necessidades de ensino, pesquisa e extensão, tanto em termos de atualização tecnológica, como em termos de continuidade dos serviços, integrando processamento de dados, voz, dados, telemetria, segurança, etc.

Em consonância com a orientação deste planejamento foi delineado um experimento piloto envolvendo a implantação de uma solução de campus inteligente aliando o uso de recursos que atualmente estão disponíveis, mas contemplando um possível crescimento qualitativo e quantitativo. Este projeto inclui o teste de soluções de Internet das Coisas no apoio à busca da qualidade e bem-estar bem como para apoiar a gestão e melhoria dos recursos de infraestrutura no campus. O projeto, denominado ALERTA – Ambiente Lógico de Encaminhamento, Resposta e Tratamento de Avisos envolve o uso de uma combinação de sensores e aplicativos instalados nos celulares dos usuários do Campus bem como acesso via web.

A participação dos próprios usuários no monitoramento do ambiente é um aspecto vital para a existência de cidades inteligentes e, portanto, também no caso de campus inteligente, conforme destacado por Medina (2017) e Gallo (2016). Essa tendência de sensoriamento participativo deriva de novos hábitos disseminados com o crescente uso das redes sociais e miniaturização de sensores, que têm criado novas oportunidades de promover a participação do cidadão no monitoramento do ambiente

em que vive. Diversas pesquisas apontam o avanço no tema de redes de monitoramento colaborativo do ambiente o que constitui uma forte tendência atual. Conforme destacado por Gallo (2016) monitoramento participativo representa um novo paradigma de coleta de dados de sensores, focado na extração e utilização de dados gerados pelas pessoas. Iniciativas baseadas neste conceito estão se tornando essenciais para projetistas de infraestruturas urbanas inteligentes, uma vez que possibilitam a captura de diversos tipos de informação relevante que não poderia ser capturada por sensores físicos tradicionais. O termo "monitoramento colaborativo" ("participatory sensing") foi introduzido por Burke et al. (2006) e a partir de então diversos trabalhos propuseram e desenvolveram a ideia de utilizar cidadãos como sensores. O monitoramento colaborativo disseminou-se principalmente devido à proliferação dos smartphones, que possuem sensores integrados (microfone, câmera, GPS e acelerômetro, entre outros) que possibilitam registrar os problemas percebidos pelos usuários e agregar dados de geolocalização, imagem etc. Assim, através de aplicativos especialmente criados para este fim os participantes de uma comunidade inteligente podem colaborar, registrando os eventos que percebem à sua volta e que talvez de outra forma não chegassem ao conhecimento dos gestores de forma tão imediata.

Existem atualmente diversos sistemas que envolvem sensores e redes colaborativas de monitoramento, mas a maioria funciona de forma independente e sem intercomunicação entre si. A interoperabilidade pode e deve ser buscada mediante o uso de padrões internacionais a serem usados pelos aplicativos e sensores (ou concentradores de dados de sensores). Um exemplo de padrão que pode ser usado para a comunicação entre os dispositivos sensores (apps e dispositivos dedicados) e um centro de gerenciamento de alertas é o protocolo Common Alerting Protocol (CAP), proposto como um padrão internacional ITU-T Z.1303 [ITU 2007] e OASIS Emergency Management Technical Committee [OASIS 2006], que será descrito na sessão 2.3. Este protocolo tem sido amplamente usado por instituições de gestão de incidentes climáticos ou de segurança, tal como a FEMA (Federal Emergency Management Agency) nos Estados Unidos e entidades similares em outras regiões do planeta.

## **2.1 Estratégias de uso de IoT na cidade/campus inteligente**

A implementação do Internet das Coisas (doravante designada pela sigla original do inglês IoT) em diferentes aspectos da vida diária da cidadania cria a visão de cidade inteligente (Smart City), onde cada coisa ou indivíduo é parte de uma rede e contribui para melhorar a qualidade de vida de pessoas. Isto visa trazer benefícios e otimização de serviços públicos tradicionais, mas também para coletar diferentes tipos de dados com dispositivos IoT, que podem ser analisados para aumentar a eficiência e aprimorar o processo de tomada de decisão pelos gestores. O sensoriamento participativo tem potencial para aumentar a consciência das pessoas sobre o status de sua cidade de seu campus, estimulando a participação ativa dos cidadãos no apoio à gestão realizada pelas administrações públicas e também estimulando a concepção de novos serviços adicionais prestados com o apoio da IoT. Estes novos serviços podem ocorrer em diversos domínios:

- Conscientização ambiental - uma pessoa consciente de que seus hábitos de consumo contribuem para o desenvolvimento sustentável da região onde ela vive, valoriza sua qualidade de vida em termos de respeito para o meio ambiente.

Um consumidor consciente é apoiador de causas ambientais, como reciclagem, controle de emissões de veículos, recursos de cuidados ambientais, entre outros. Nesse tipo de iniciativa, as tecnologias IoT têm sido indiretamente envolvidas medindo as variáveis ambientais, identificando poluentes e, em alguns casos, tomando ações corretivas em situações em que há um dano ambiental significativo. Neste contexto podem ser usadas redes de sensores sem fio em que são medidas diferentes variáveis, como a qualidade do ar (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, VOC - material orgânico volátil, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> – material particulado), qualidade da água (suspensão total sólidos, pH, turbidez) e clima (temperatura, precipitação, velocidade e direção do vento, radiação solar, pressão barométrica).

- Controle de tráfego - Um dos principais problemas que afligem os cidadãos de grandes cidades do mundo é o congestionamento do tráfego, já que em alguns casos, a infraestrutura rodoviária não é suficiente para atender à demanda. A falta de locais de estacionamento é crônica nas grandes cidades e no campus este problema também é sentido. Intempéries afetam a trafegabilidade nas cidades e no entorno do campus. Informações atualizadas sobre este tipo de situação podem ser propagadas para que os usuários possam planejar cursos de ação alternativos.

- Ensino - Aprimorar a educação é uma preocupação de todos pois resulta em melhores condições sociais e econômicas para as comunidades e para o país. Os métodos educacionais têm sido impactados pela disseminação da TIC e ambientes virtuais são agora comuns em escolas e universidades permitindo acesso a informações e serviços. Graças às tecnologias IoT é também possível possibilitar acesso e controle de processos ou eventos locais ou remotos, enriquecendo a experiência de aprendizagem, conforme Pruet (2015), Selinger (2013) e Medina (2017).

- Saúde - No domínio da saúde, as tecnologias IoT Tem muitas aplicações que podem ser integradas dentro de dispositivos inteligentes ou embutidos em dispositivos para monitorar o diagnóstico de saúde através de variáveis como pressão arterial, frequência cardíaca, frequência respiratória, entre outros, a fim de prevenir e diagnosticar doenças tal como demonstrado em [Tarouco 2010].

- Segurança – A gestão de incidentes de segurança é uma necessidade nas cidades e também no ambiente educacional. Atividade percebida como suspeita precisa ser relatada às autoridades locais com prontidão para que medidas defensivas possam ser desencadeadas buscando inclusive o apoio de sistemas de sensoriamento dos ambientes (CFTV, câmeras com detecção de movimento etc.). A participação da comunidade neste sentido é uma alternativa importante pois do estado de atenção e alerta da comunidade derivará a ação contrapondo eventuais ameaças à segurança pessoal e dos bens no campus e mesmo em seu entorno.

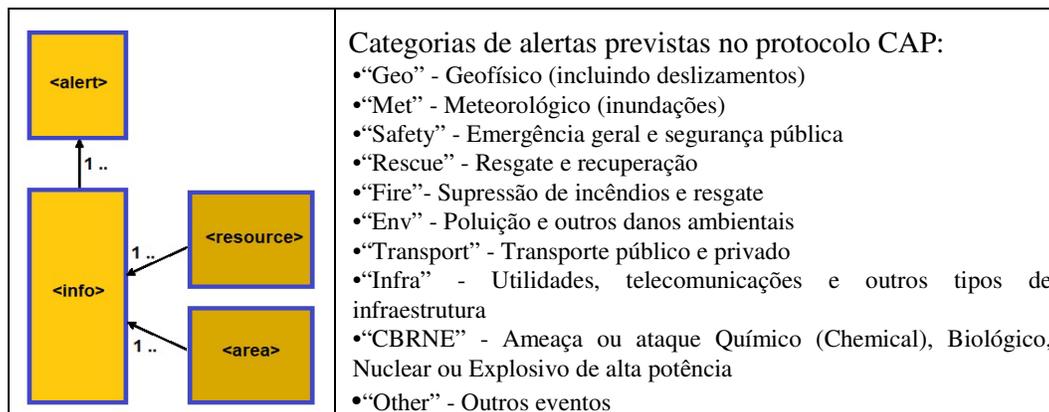
- Infraestrutura – A gestão da infraestrutura pode ser bastante aprimorada se houver participação dos usuários pois alguns tipos de problemas são difíceis de identificar por meio de técnicas tradicionais de sensoriamento automatizado que também tem questões de custo associados à sua instalação. Os usuários da cidade/campus podem auxiliar a gerenciar problemas tais como lixo jogado em

local impróprio, buracos nas ruas, má conservação das calçadas, trânsito, pontos de alagamento, iluminação pública defeituosa, focos de dengue, semáforos com defeito etc. A nível de campus, a gestão colaborativa da infraestrutura envolve o uso consciente de energia elétrica, água, relato de problemas percebidos pela comunidade em prédios e no campus de modo geral. Muitas vezes os gestores não ficam cientes de problemas enfrentados pelas pessoas no seu dia-a-dia, dificultando a identificação e a resolução de tais problemas, bem como o planejamento apropriado de investimentos para prevenção e solução desses problemas.

## 2.2 O protocolo CAP – Common Alerting Protocol

O protocolo CAP - Common Alerting Protocol, possui um formato simplificado para a troca de alertas de emergência e avisos públicos usando todos os tipos de redes. O formato é aberto, não proprietário que pode ser usado para variados tipos de notificações. O protocolo CAP permite que uma mensagem de aviso seja disseminada simultaneamente em muitos sistemas de alerta diferentes, aumentando assim a eficácia do aviso enquanto simplifica a tarefa de alerta. CAP também facilita a detecção de padrões emergentes de vários tipos em vários locais. Pode indicar um perigo ou ato hostil potencial. O CAP está sendo desenvolvido sob a tutela da OASIS - Organization for the Advancement of Structured Information Standards que é um consórcio sem fins lucrativos que norteia o desenvolvimento, convergência e adoção de padrões abertos para a sociedade da informação global [Matthews 2016]. O protocolo CAP foi também padronizado pela ITU-T (2007).

O CAP oferece diversas funcionalidades: segmentação geográfica flexível usando registros com base em latitude/longitude e outros, representações em três dimensões, mensagens multilíngues e multi-audiência, tempos e expirações efetivos, escalonados e retardados, funcionalidades avançadas de atualização e cancelamento de mensagens, compatibilidade com capacidade de assinatura digital e facilidade para agregação de imagens digitais e áudio. Os principais benefícios do CAP incluem redução de custos e complexidade operacional, eliminando a necessidade de múltiplas interfaces de software customizadas para as muitas fontes de aviso e sistemas de disseminação envolvidos no alerta de todos os riscos. O formato de mensagem CAP pode ser convertido de/para os formatos "nativos" de todos os tipos de tecnologias de sensores e alertas. Os dispositivos de recepção com reconhecimento de localização (GPS) podem usar as informações em uma mensagem de alerta CAP para determinar, com base em sua localização atual, se essa mensagem específica era relevante para seus usuários. A Mensagem de Alerta CAP também pode ser usada por sistemas de sensores como um formato para relatar eventos significativos para sistemas e centros de coleta e análise. As ferramentas de geração de alerta usam CAP como o protocolo de mensagens para criação e processamento de um aviso. CAP também é um formato padrão da indústria para trocar alertas de emergência simultaneamente entre várias tecnologias de alerta. As mensagens CAP sempre contêm texto, mas também podem conter dados de áudio, vídeo e geolocalização. As mensagens CAP, conforme mostrado na Figura 2, são formatadas com um segmento de alerta que pode conter um ou mais segmentos de informação, cada um dos quais pode conter um ou mais segmentos de área e recurso.



**Figura 2. Estrutura das mensagens CAP**

O protocolo CAP está sendo usado no sistema ALERTA da UFRGS tal como descrito a seguir.

### 3. O sistema ALERTA

O projeto ALERTA – Ambiente Lógico de Encaminhamento, Resposta e Tratamento de Avisos é um protótipo de um sistema de gerenciamento de avisos/alertas sendo implantado na UFRGS e contempla o uso de uma combinação de sensores e aplicativos instalados nos celulares dos usuários do Campus para captura de informações visando melhoria da qualidade ambiental no campus.

Na medida em que uma cidade ou campus são formadas por cidadãos que ali vivem e atuam é razoável investigar formas para aumentar a participação do cidadão no gerenciamento da cidade/campus de forma que ele se sinta corresponsável por seus problemas e soluções. No caso do campus inteligente, os participantes são primordialmente os professores, estudantes e funcionários que atuam e trabalham neste contexto. Considerando que todos os professores, alunos e funcionários possuem celulares e que a rede WiFi no campus está usualmente bastante disseminada, tais recursos são contemplados como parte da solução para captação e disseminação de informação. Assim, o sistema ALERTA inclui o recebimento de mensagens de aviso a partir de aplicativos usados pela comunidade universitária (estratégia de sensoriamento participativo) além de dados coletados por sensores. O diagrama geral do projeto é mostrado na Figura 3. As Figuras 4 e 5 mostram exemplos dos dois tipos de acesso, via aplicativos e através de sensores.

Alguns tipos de sensores já estão sendo usados na UFRGS tais como telemetria, CFTV, leitores de RFID nas bibliotecas, câmeras de captura de imagem com detecção de presença, CO<sub>2</sub>, VOC, temperatura, umidade, precipitação, velocidade e direção do vento. Mas tais sistemas são atualmente isolados, operando de forma independente e sem interconexão entre si. Com o sistema ALERTA será possível integrar estas soluções mediante o uso de gateways que recebam avisos ou dados de sensoriamento consolidando e gerando mensagens CAP para o gerenciador de alertas que terá a função de produzir relatórios gerenciais e avisos a serem disseminados no campus.



Figura 3. Sistema ALERTA

### 3.1 Sistemas de alerta e CAP no campus

O sistema de alerta tem a possibilidade de receber e disseminar alertas ou mensagens no campus, usando mensagens CAP. As mensagens podem ser disseminadas via aplicativos em smartphones, mensagens de texto (SMS) enviadas diretamente para os celulares cadastrados, e-mails, monitores digitais disposto estrategicamente no campus, anúncios no site da Universidade, sites de redes sociais, alto-falantes, sirenes, anúncios de intercomunicação ou anúncios de rádio (usando a rádio da Universidade).

Este tipo de solução tem sido implementada em universidades no exterior tais como a Universidade de Alabama (2017), Virginia Commonwealth University (2017) e Carnegie Mellon University (2017). Existem também sistemas comerciais disponíveis tal como Campus Alert [Desktop Alert 2017]. Adicionalmente existe uma biblioteca CAP disponível no repositório Github (2017). Esta biblioteca é uma coleção de ferramentas para tratar mensagens de alertas no formato do protocolo CAP. Esta biblioteca é usada na implantação do sistema ALERTA da UFRGS. A autenticação dos originadores de alertas (pessoas ou sensores) é feita mediante o apoio do sistema de autenticação CAFe (RNP 2016) que já é usado para outros serviços no campus. A Figura 4 mostra exemplos de funcionalidades oferecidas pelo aplicativo ALERTA, inicialmente desenvolvido para uso via interface web e em dispositivo móvel Android.



Figura 4 Aplicativo ALERTA

### 3.2. Sensoriamento da qualidade ambiental

O sistema ALERTA também inclui um módulo para receber avisos gerados a partir da coleta e análise de dados provenientes de sensores ambientais. Os sensores inicialmente implementados visam avaliar a qualidade ambiental dos espaços de ensino existentes em relação à qualidade do ar interior, que é uma necessidade gerada pelo grande período em que estudantes permanecem em um ambiente confinado face ao impacto da qualidade do ar na cognição e aprendizagem. Este problema já tem sido amplamente estudado e a Organização Mundial da Saúde inclusive definiu a Síndrome do Prédio Doente “um conjunto de doenças causadas ou estimuladas pela poluição do ar em espaços fechados” [Sterling *et. al.* 1991]. A Qualidade do Ar Interno surgiu como uma ciência nos anos da década de 1970 pois com a crise de energia houve a consequente construção de edifícios mais eficientes energeticamente e consequentemente mais isolados e com menor ventilação. Segundo a fundação americana Healthy Schools Network, diversos estudos encontraram associação entre a redução do rendimento escolar com baixas taxas de ventilação ou altas concentrações de CO<sub>2</sub>. Alguns estudos apontam o decréscimo do rendimento com temperaturas muito acima dos 20°C. Outros estudos apontam para a associação entre a redução da performance cognitiva com o aumento de poluentes externos, tal como no estudo de [Petersen *et. al.* 2016] que mostrou o efeito do aumento da taxa ventilação, com redução de CO<sub>2</sub>, na melhora da performance dos estudantes. Um outro exemplo de estudo neste sentido foi realizado na Inglaterra em 8 escolas primárias e mostrou que os níveis de concentração de CO<sub>2</sub> a que professores e crianças estavam expostos chegam a níveis de 5.000 ppm, muito acima do limite recomendado naquele país, de 1.500 ppm. Como resultado foi constatada melhora dos testes de desempenho quando as taxas de ventilação eram trocadas de recirculação interna para troca de ar com o exterior das salas de aula, reduzindo os níveis de concentração de CO<sub>2</sub>. As melhoras foram de 15% no reconhecimento de palavras, 8% na memorização de figuras entre outras [Bakó-Biró *et. al.* 2012].

Uma investigação em Coimbra, Portugal, também indicou que a realidade das escolas é deficiente neste quesito de qualidade de ar ambiental. Este estudo foi realizado com 51 escolas da educação básica (81 salas de aula), tanto do ambiente interno como externo, durante as 4 estações do ano. O levantamento revelou que 92% das escolas apresentaram valores de concentração de CO<sub>2</sub> acima da máxima legislada, sendo que as únicas fontes deste contaminante eram os próprios ocupantes através do seu metabolismo [Ferreira e Cardoso 2013]. Estudos em escolas na região metropolitana de Porto Alegre também mostraram índices de CO<sub>2</sub> acima dos valores recomendados e o presente estudo também inclui a coleta sistemática de dados relativos à qualidade do ar.

A partir destas constatações do impacto da qualidade do ar na aprendizagem, o projeto ALERTA incluiu um módulo de monitoração da qualidade do ar, que usa sensores, capazes de coletar diversas variáveis, tal como ilustrado na Figura 5. O monitoramento através de painéis de visualização podem facilitar a tomada de decisão local (alterar as condições de renovação do ar) bem como registrar as informações que passam também a ser disponíveis de forma centralizada, proporcionando aos gestores e aos próprios alunos informações que levem a medidas a curto, médio e longo prazo visando melhorar as condições ambientais para favorecer a aprendizagem.

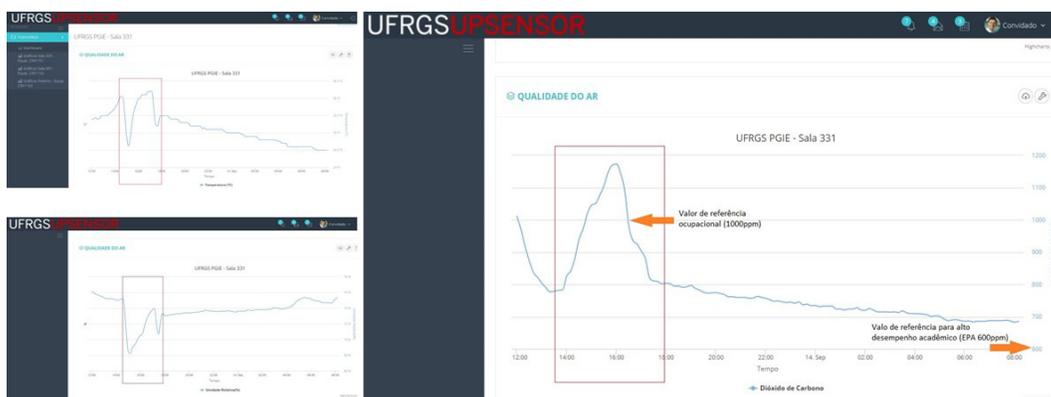
A Figura 5 permite visualizar as características de uma das salas de aula em que estão instalados os equipamentos, fixados nas paredes, o mais próximo possível da

altura das cabeças dos estudantes sentados, em torno de 1,1m do piso. Os equipamentos foram conectados à rede wireless e necessitam apenas de fiação para a energização através de uma tomada.



**Figura 5 - Salas em que foram instalados os equipamentos**

A Figura 6 mostra resultados iniciais obtidos com o componente do sistema ALERTA para sensoriamento da qualidade do ar interno nos ambientes. Nas telas da esquerda, temos temperatura e umidade com destaque para o período ocupado. Na direita, a medição para dióxido de carbono no mesmo período, com as referências de qualidade do ar ocupacional (1000ppm) e para alto desempenho acadêmico indicadas (600ppm, EPA). A amostragem foi realizada em uma sala de aula com 7 pessoas em sala (capacidade para 20 estudantes).



**Figura 6. Exemplo de leituras realizadas com equipamento para medir a qualidade do ar**

Os resultados iniciais do monitoramento apresentaram mostram que os sensores permitem identificar a abertura e fechamento de portas e janelas. O momento em que as salas estão sendo ocupadas por pessoas e quando estão sendo arejadas de alguma forma, mostrando a equalização de valores entre o ambiente interno e externo. Houve até o momento a ratificação dos resultados da literatura para o aumento de poluentes em ambientes de confinamento humano, o que pode acarretar redução de desempenho acadêmico em ambientes insalubres.

Outros resultados de monitoração mostram que a evolução da quantidade de dióxido de carbono na mesma sala em outra oportunidade, quando cerca de 10 estudantes trabalhavam em ambiente fechado quase atinge o valor limite de 1500 ppm recomendado para escolas na Inglaterra. Em medidas subsequentes, foi possível observar que após abrir janelas que permitiram a circulação de ar, o valor do dióxido de ar diminuiu com rapidez, a despeito de permanecerem no ambiente a mesma quantidade de pessoas.

A continuidade das medições da qualidade do ar, acompanhada de avaliações de aprendizagem nos ambientes monitorados, permitirão corroborar os resultados encontrados na literatura em termos de correlação de quantidade de dióxido de carbono no ar e qualidade da aprendizagem. Isto deverá levar ao estabelecimento de um novo conjunto de boas práticas em termos de preservação da qualidade de ar nos ambientes de aulas e de trabalho na Universidade.

#### 4. Conclusões

A utilização de recursos da Internet das Coisas no âmbito educacional pode acontecer tanto diretamente nas atividades educacionais, conforme descrito por Selinger (2013) e Pruet (2015), como pode ser um elemento capaz de proporcionar melhores condições para o desenvolvimento das atividades contribuindo assim indiretamente para a melhoria do rendimento acadêmico e para a gestão dos recursos essenciais à atividade educacional com otimização no uso dos recursos e redução de custos, tal como proposto no projeto ALERTA. Adicionalmente a disponibilidade de sensores de baixo custo, conectados em rede, cria oportunidade para trabalhar com os estudantes o reconhecimento do meio escolar em que estão inseridos, seja ele o ambiente externo (as cercanias da escola, o pátio ou os corredores) ou o interno (salas de aula tradicionais, laboratórios, ginásios de esportes, biblioteca, refeitório, laboratórios e ambiente administrativo). A partir desta base, outros sensores poderão ser propostos e construídos pelos próprios estudantes seguindo uma abordagem de aprendizagem baseada em problemas para monitorar outros aspectos inerentes aos domínios de conscientização ambiental, educação, infraestrutura, controle de tráfego, segurança, saúde etc.

#### Referências

- Aractingi, Ed. (2016) Collaborative innovation community meeting part I: smart campus and IoT. In: Technology Exchange. Miami. 25-28 de setembro de 2016. Disponível em: [https://meetings.internet2.edu/media/medialibrary/2016/10/24/20160926-Hudson-Ransbottom-Cather-Tatro-Hoit-Aractingi-IoT\\_Smart\\_Campus.pdf](https://meetings.internet2.edu/media/medialibrary/2016/10/24/20160926-Hudson-Ransbottom-Cather-Tatro-Hoit-Aractingi-IoT_Smart_Campus.pdf)
- Bakó-Biró, Z., Clements-Croome, D. J., Kochhar, N., Awbi, H. B., & Williams, M. J. (2012). Ventilation rates in schools and pupils' performance. *Building and Environment*, 48, 215-223.
- Burke, Jeffrey et al. (2006). Participatory sensing. *Center for Embedded Network Sensing*. UCLA: Center for Embedded Network Sensing. Retrieved from: <http://escholarship.org/uc/item/19h777qd>
- CETIC. (2016). Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras : TIC educação -2015. Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR. Comitê Gestor da Internet no Brasil, São Paulo.
- CMU. Carnegie Mellon University. CMU Alert. <http://www.cmu.edu/alert/>
- Desktop Alert. Campus Alert. Disponível em <https://www.desktopalert.net/Products/higher-education/>
- Ericsson. (2017) Mobile subscriptions Q1 2017. Disponível em <https://www.ericsson.com/en/mobility-report/mobile-subscriptions-worldwide-q1-2017>
- Ferreira, A. M. C., & Cardoso, S. M. (2013). Estudo exploratório da qualidade do ar em escolas de educação básica, Coimbra, Portugal. *Revista de Saúde Pública*, 47(6), 1059-1068.
- Fuzeto, R., & Braga, R. (2016). Um Mapeamento Sistemático em Progresso Sobre Internet das Coisas e Educação à Distância. In Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (Vol. 5, No. 1, p. 1334).

- Gallo, D. S. (2016). Monitoramento colaborativo para cidades inteligentes (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Gartner. (2017) Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016. Disponível em <http://www.gartner.com/newsroom/id/3598917>
- GITHUB. Common Alerting Protocol Library. Disponível em <https://github.com/google/cap-library>
- ICC. (1997) How California's communities can thrive in the digital age. International Centre for Communications. San Diego State University.
- Internet World Stats. Internet Users by region. (2017). Disponível em <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>
- ITU-T. ITU-T X.1303. (2007). Disponível em <https://www.itu.int/rec/T-REC-X.1303-200709-I/en>
- Lindskog, H. (2004). Smart communities initiatives. In Proceedings of the 3rd ISONeWorld Conference (pp. 14-16). Disponível em: [http://www.heldag.com/articles/Smart communities april 202004.pdf](http://www.heldag.com/articles/Smart%20communities%20april%202004.pdf)
- Matthews, Sean. (2016) Common Alerting Protocol (CAP) for Higher Education Institutions. Tech Decisions. Disponível em <https://techdecisions.co/physical-security/common-alerting-protocol-cap-higher-education-institutions/>
- Medina, Camilo. Perez, Camilo, Trujillo, Luis. (2017) IoT Paradigm into the Smart City Vision: A Survey. 2017 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings). Exeter-UK. 21-23.
- OASIS. (2006). Modelo de Referência para Arquitetura Orientada a Serviço 1.0. Comitê de Especificação I. Disponível em <http://www.pcs.usp.br/%7Epcs5002/oasis/soa-rm-csbr.pdf>
- Pruet, P., Ang, C. S., Farzin, D., e Chaiwut, N. (2015). Exploring the Internet of "Educational Things"(IoET) in rural underprivileged areas. In Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2015 12th International Conference on (pp. 1-5). IEEE.
- RNP. (2011). Comunidade Acadêmica Federada (CAFe). Disponível em <https://portal.rnp.br/web/servicos/cafe>
- Selinger, M., Sepulveda, A., & Buchan, J. (2013). Education and the Internet of Everything: How ubiquitous connectedness can help transform pedagogy. Cisco Consulting Services and Cisco EMEAR Education Team. Disponível em: [http://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/solutions/industries/docs/education/education\\_internet.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/education/education_internet.pdf)
- Sterling, T. D., Collett, C., e Rumel, D. (1991). A epidemiologia dos "edifícios doentes". Revista de saúde pública, 25(1), 56-63.
- Sgobbi, F., Tarouco, L., Reategui, E. (2017). The pedagogical use of the Internet of things as a lever of behavior change in obese individuals 2017 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings). Exeter-UK.
- Tarouco, L. M. R., Bertholdo, L. M., Granville, L. Z., Arbiza, L. M. R., Carbone, F., Marotta, M., e de Santanna, J. J. C. (2012). Internet of Things in healthcare: Interoperability and security issues. In Communications (ICC), 2012 IEEE International Conference on (pp. 6121-6125). IEEE.
- UFRGS. Plano Diretor de Tecnologia de Informação para 2016-2020. UFRGS. 184 pp
- VCU. Virginia Commonwealth University. Alert. Disponível em <https://alert.vcu.edu/index.php>
- UA. University of Alabama. UA Alerts. Disponível em <https://ready.ua.edu/>