

Simulação de acompanhamento em obra de terraplanagem através de sensoriamento remoto

Monitoring simulation in earthworks through remote sensing

Simulación de monitoreo en movimiento de tierras a través de sensores remotos

Recebido: 11/01/2023 | Revisado: 18/01/2023 | Aceitado: 06/02/2023 | Publicado: 11/02/2023

Gustavo Araújo Vasconcelos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7559-928X>

Faculdade Luciano Feijão, Brasil

E-mail: eng.gustavovaas@outlook.com

Francisco Kelson Pereira Alves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0115-3271>

Faculdade Luciano Feijão, Brasil

E-mail: francisco.alves@flucianofejao.com.br

Beatriz Fernandes Macário Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8232-2764>

Faculdade Luciano Feijão, Brasil

E-mail: biafms02@gmail.com

Rogean Moraes Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4106-3289>

Faculdade Luciano Feijão, Brasil

E-mail: rogeanemoraais@yahoo.com.br

José Leandro Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8763-9584>

Faculdade Luciano Feijão, Brasil

E-mail: leandrogomes361@yahoo.com

Francisco Roger Freire Carvalho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7425-7384>

Faculdade Luciano Feijão, Brasil

E-mail: rogerfreire2021@gmail.com

Dionísio Pereira Lima Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7896-9781>

Faculdade Luciano Feijão, Brasil

E-mail: dionisiofilho10@gmail.com

Resumo

O objetivo do estudo é implementar uma ferramenta de monitoramento remoto para obras de terraplanagem através da plataforma Arduino e armazenamento em nuvem. Quanto aos procedimentos metodológicos, a coleta de dados em uma obra de terraplanagem ainda é uma grande dificuldade, necessitando de um número de pessoas e equipamentos, onde todas essas informações são feitas em muitos casos, manualmente. Este trabalho apresenta uma forma de sistematizar todo esse processo, coletando dados automaticamente, utilizando o conceito de Internet das Coisas. Para se tornar realidade, foi construído protótipos, com sensores que podem ser instalados em equipamentos de terraplanagem, onde conectados via wi-fi, gerando informações importantes para um banco de dados. Os resultados apontam que os dados coletados pelo sensor RFID, enviados para o banco de dados via comunicação via rádio, foram satisfatórios, podendo assim adaptá-la em qualquer equipamento para ser monitorado. Espera-se que as técnicas desenvolvidas nesta pesquisa, venha ter relevância em utilização de escala real em obras de terraplanagem.

Palavras-chave: Terraplanagem; Coletando dados automaticamente; Internet das coisas.

Abstract

The objective of the study is to implement a remote monitoring tool for earthworks through the Arduino platform and cloud storage. As for methodological procedures, data collection in an earthworks work is still a great difficulty, requiring a number of people and equipment, where all this information is done in many cases manually. This work presents a way to systematize this whole process, collecting data automatically, using the concept of Internet of Things. To make it a reality, prototypes were built, with sensors that can be installed in earthmoving equipment, where they are connected via Wi-Fi, generating important information for a database. The results indicate that the data collected by the RFID sensor, sent to the database via radio communication, were satisfactory, thus being able to adapt it to any equipment to be monitored. It is expected that the techniques developed in this research will be relevant in real-scale use in earthworks.

Keywords: Landscaping; Collecting data automatically; Internet of things.

Resumen

El objetivo del estudio es implementar una herramienta de monitoreo remoto para movimientos de tierra a través de la plataforma Arduino y almacenamiento en la nube. En cuanto a los procedimientos metodológicos, la toma de datos en un movimiento de tierras sigue siendo una gran dificultad, requiriendo una cantidad de personas y equipos, donde toda esta información se realiza en muchos casos de forma manual. Este trabajo presenta una forma de sistematizar todo este proceso, recolectando datos de manera automática, utilizando el concepto de Internet de las Cosas. Para hacerlo realidad se construyeron prototipos, con sensores que pueden ser instalados en equipos de movimiento de tierra, donde se conectan vía wifi, generando información importante para una base de datos. Los resultados indican que los datos recolectados por el sensor RFID, enviados a la base de datos vía radiocomunicación, fueron satisfactorios, pudiendo así adaptarse a cualquier equipo a monitorear. Se espera que las técnicas desarrolladas en esta investigación sean relevantes en el uso a escala real en movimiento de tierras.

Palabras clave: Paisajismo; Recopilación de datos automáticamente; Internet de las cosas.

1. Introdução

De acordo com Jayawardane e Harris (1990), as operações de terraplanagem na construção de rodovias consistem em um importante item da licitação. Logo, a seleção cuidadosa das zonas de empréstimo/bota-fora e dos equipamentos, bem como, a distribuição de materiais é essencial neste processo. Nesse contexto, um modelo computacional que automatiza o processo de minimização de custos em obras de terraplanagem é, portanto, altamente desejável. As atividades de terraplanagem consistem tipicamente em escavação (corte), transporte de materiais e depósito de material (aterro). É justamente a seleção e as inter-relações destes cortes e aterros que contribuem para o processo de planejamento da terraplanagem ser complexo.

Como há inúmeras combinações dessas atividades em um projeto de rodovias, o planejamento da sua execução precisa ter uma consideração cuidadosa e sistêmica (Askew et al., 2002). Na execução da terraplanagem, onde necessita de uma equipe de profissionais, máquinas e equipamentos especializados, é elaborado todo o plano de execução onde se tem o cronograma físico, financeiro, etapas, mobilização e aquisição de materiais. Dentro desse procedimento é preciso que haja determinação de datas de início e fim, tendo previsto todo possível e eventuais causas que podem ocasionar problemas onde terá um aumento do prazo e assim sendo concluídas as etapas do serviço.

Como causas que podem ser gerados ao meio ambiente, podem ser citados a própria terraplanagem, ações decorrentes da pavimentação asfáltica e os efluentes domésticos que são lançados no solo (Miranda et al., 2020; Pereira Júnior et al., 2021). Já para Dias et al. (2020) há uma grande pressão exercida na equipe de profissionais que atuam nesse segmento e, por vezes, para atender as demandas das obras ignoram os danos que podem ser gerados ao meio ambiente, estudos que demonstram os impactos negativos, contribuindo para a elevação de fatores críticos que podem ser responsáveis para tais danos.

A execução de obra de terraplanagem em larga escala não é mérito de uma época atual, pois, há muitos séculos, com bases em estudos, desde o egípcio e babilônios onde iniciaram-se as primeiras execuções de terraplanagem, já vem sendo executado pelo homem, tais como canais de irrigação às margens do rio Nilo, construções de pirâmides (Inovar Topografia, 2014). Quando falamos sobre obras de infraestrutura, geralmente são empreendimentos de grande porte, que envolvem diversos tipos de profissionais e por longo prazo.

Frente ao exposto, é necessário compreender que as atividades de terraplanagem são capazes de gerar modificações na topografia do terreno e que, em virtude da movimentação da terra, são exigidos projetos estruturais para a preparação do solo e do espaço em geral, como por exemplo, nivelar a área para a construção de uma quadra e ampliação de rodovias, de forma que haja uma estabilidade durante a execução do projeto e nas atividades futuras (Frota et al., 2021; Rodrigues et al., 2022). Desse modo, compreende-se que o estudo do solo onde serão realizadas as atividades de terraplanagem podem receber diversas classificações que variam conforme a sua utilização, como as estruturas que são indicadas para a construção de edifícios, pontes e viadutos, bem como aterros comumente construídos para barragens e estradas, evidenciando a importância de analisar o solo (Araújo & Costa, 2020; Rodrigues et al., 2022).

Omar e Nehdi (2016) diz que, dado como forma negativa, o acionamento manual utilizado para coletar dados exige que uma integração nos diversos segmentos das obras. Por outro lado, como ponto positivo, as atividades de construção, agora monitoradas em tempo real automatizada, demonstram que podem ocorrer atrasos nas etapas relacionado aquilo que foi apresentado no projeto, sendo necessário implementar decisões (Azar & Kamat, 2017).

O acompanhamento diário é, portanto, de essencial importância para fazer essas previsões e analisar o andamento da obra. Para podermos unir o útil ao agradável, lógico, de uma forma correta e simples de trabalhar, podemos usar uma ferramenta nova no mercado chamada *Internet Of Things* (IoT) ou também pode ser chamada a Internet das coisas, com seu surgimento no começo do século XXI, em que é constituída em mandar informações remotas captadas por via de sensores instalados em diversos pontos estratégicos de uma obra, por sensores. Na área da construção civil o uso do IoT a partir de dispositivos móveis vem sendo ampliado, uma vez que propicia monitorar o progresso do projeto à medida que é executada, auxiliando no controle dos dados, assim como auxilia na tomada de decisão em tempo real realizada a partir de uma rede de internet e que proporcionam inovações para o setor (Santos Júnior et al., 2019; Silva et al., 2021).

Em síntese, nota-se como a observação das atividades de terraplanagem realizadas pelo uso do sensoriamento remoto podem auxiliar nos projetos executados pelo setor da construção civil mediante a integração junto aos recursos tecnológicos.

2. Metodologia

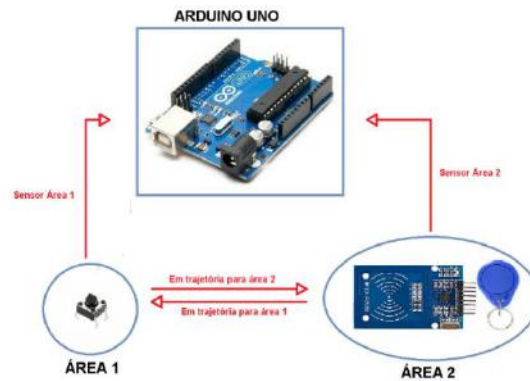
Essa pesquisa pretende fazer uma análise quantitativa utilizando-se de sensores de identificação via rádio para coleta de dados, os quais poderão ser utilizados para traçar padrões e perfis estatísticos sobre o ciclo de carregamento em obras de terraplanagem. De acordo com Severino (2018) a pesquisa quantitativa é aquela onde os parâmetros e critérios aplicados, apoiados em um modelo que é mensurado de forma quantitativa, que fornece para o investigador dados que possibilitam a reflexão sobre o conteúdo do objeto de estudo.

A ideia foi propor uma ferramenta de monitoramento remoto para aplicações práticas que facilitem a gestão desse tipo de atividade em todos os aspectos. Pode-se classificar o trabalho também como descritivo e explicativo, pois os dados coletados irão servir para identificar a rotina de obra, mostrar os pontos fracos e propor melhorias. O estudo é de caráter experimental, onde será realizada uma simulação da rotina de obra, e o sensoriamento será implementado em laboratório através da plataforma Arduino com utilização do módulo RFID. Os dados coletados de forma remota foram analisados através de gráficos com o intuito de observar padrões e possíveis situações, na prática.

3. Resultados e Discussão

A simulação de monitoramento foi realizada conforme esquema mostrado na figura a seguir, onde a plataforma Arduino Uno recebe os sinais dos sensores das áreas 1 e 2. Para representar a área 1, utilizou-se um botão do tipo *push button*, enquanto a área 2 foi utilizado um sensor RFID. O Arduino foi programado para interpretar a resposta de cada sensor como uma chegada ou saída das máquinas transportadoras em uma região de carga e descarga. A seguir, na Figura 1, foi realizado uma simulação do sistema:

Figura 1 – Simulação de sistema de monitoramento.

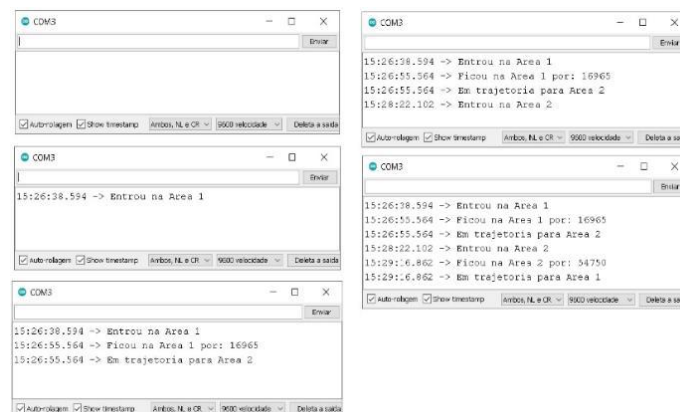


Fonte: Autores (2022).

Na Figura 1 é ilustrado o funcionamento do sistema de monitoramento. Esse sistema pode ser programado para diversas aplicações, onde a utilização de IoT traz consigo grandes vantagens, tais como obter informações em tempo real e precisas via comunicação wireless através de sensores instalados, facilitando quaisquer observações de mobilidade de circuito em obra, podendo gerar uma redução de custo diretos e indiretos. Sua aplicação já é realidade em alguns ambientes, tais como construções com inteligência, obras de pré-moldados, implementação de segurança nas obras e sistemas para verificar o período de vida das mesmas (Kochovski & Stankovski, 2018; Xu & Lu, 2018; Li et al., 2018).

A Figura 2 a seguir apresenta a interface de comunicação da plataforma Arduino, cuja simulação do ciclo de carga e descarga das máquinas apresentam-se em 5 fases cronológicas. No instante em que o programa é inicializado ainda não existe nenhum dado sobre em que fase encontra-se o ciclo de carregamento. Somente depois que é feito o primeiro sensoriamento é que o *software* passa a apresentar alguma informação, conforme mostrado na segunda janela onde o sensoriamento é feito na área 1. Saindo da área 1 é realizado um pré-relatório do tempo de permanência da máquina nessa primeira posição. Chegando na área 2 o mesmo processo de monitoramento é feito nessa posição até que a máquina deixe essa área e passe a se deslocar para área 1 novamente.

Figura 2 – Interface de comunicação da plataforma Arduino.



Fonte: Autores (2022).

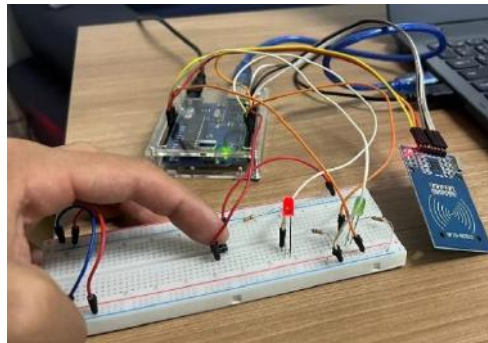
Ainda na Figura 2 as informações são obtidas e armazenadas em nuvem através da simulação do monitoramento por meio de sensores. Além de traçar o perfil de tempo e rotina das máquinas, com a tecnologia também é possível fazer captação de informações climáticas, e posteriormente medidas de prevenção poderão ser tomadas com ou sem a presença do profissional em campo, apenas através do sensoriamento em campo. Também traz consigo uma economia gerada ao filtrar as informações

de forma mais rápida, facilitando e aumentando a transparência dos serviços, evitando desvios de materiais, roubo ou furto de equipamentos em toda a obra.

Uma outra vantagem de armazenar as informações em nuvem é a possibilidade de acessá-las de qualquer lugar a partir de uma infraestrutura e que permita compartilhá-las com outros usuários, otimização o tempo, aumento da flexibilidade e um maior volume de registros do objeto de análise; em contrapartida, a privacidade das informações e a limitação de hardwares e da internet é um dos desafios a serem enfrentados durante o monitoramento (Menezes et al., 2017; Fernandes & Costa, 2022; Lorenzi et al., 2022).

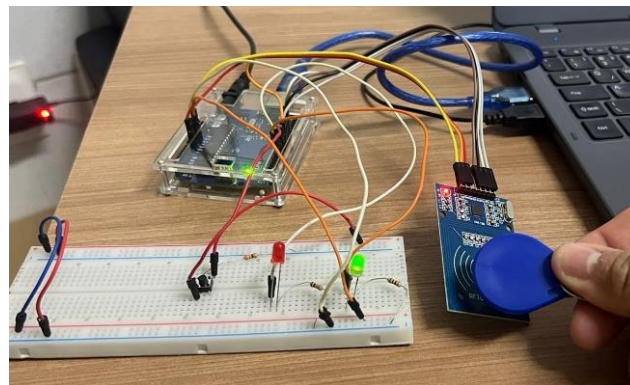
As duas imagens a seguir, na figura 3 e 4, apresentam o circuito implementado para realizar a simulação, onde a imagem da esquerda mostra o instante em que o botão *push button* é pressionado, simbolizando a chegada da máquina na área 1. Na imagem da esquerda é mostrado o momento em que a máquina supostamente chega na área 2, cujo monitoramento é feito através do sensor RFID. Os LEDs vermelho e verde foram utilizados para identificação visual do correto entendimento da lógica de funcionamento e programação, e os mesmos representam respectivamente a presença da máquina nas áreas 1 e 2.

Figura 3 – Circuito implementado para realizar a simulação manual.



Fonte: Autores (2022).

Figura 4 – Circuito implementado para realizar a simulação via rádio.



Fonte: Autores (2022).

Na Figura 3 o acionamento ocorre de forma manual, enquanto na figura 4 o funcionamento é realizado por ondas eletromagnéticas emitidos por rádio.

O sistema desenvolvido é apenas um protótipo, cujos equipamentos e sensores utilizados são de baixa qualidade. Com a aplicação de equipamentos de melhor qualidade e maior potência o mesmo *software* pode ser utilizado para monitoramento real a longas distâncias através de sinais de rádio ou internet.

4. Conclusão

Com a evolução e desenvolvimento do sistema do IoT, no século XXI, sua importância para uma gestão é tão grande que rapidamente chegou para a área de engenharia civil. Atualmente, a maioria dos sistemas eletrônicos com sensores conectados a uma rede onde são embarcados em objetos físicos compõem a IoT. O uso da tecnologia em obras de terraplanagem é uma grande evolução, pois a maioria das informações coletadas em campo, tais como, ciclo de equipamentos, atividades, é feita manualmente.

Portanto, apresentou-se neste estudo um sistema de obtenção de dados de ciclos que podem ser implantados em equipamentos e máquinas, utilizando conceitos de IoT. A partir desse trabalho, podemos concluir que dos mais novos ou até mesmo os mais antigos, se integrando o sistema, como na ideia proposta deste trabalho, passará a ser possível coletar seus dados de tempos de ciclos de atividades.

Quanto à criação do protótipo mostrado na imagem feita em laboratório, conclui-se que os dados coletados pelo sensor RFID, enviados para o banco de dados via comunicação via rádio, foram satisfatórios, podendo assim adaptá-la em qualquer equipamento para ser monitorado. Contendo diversas informações, como por exemplo, o tempo do ciclo de atividades feita pelo equipamento, o tempo que a máquina foi ligada ou desligada, localização, transmissão do comportamento do equipamento, podendo saber se está com problema ou não. O sistema, em geral, demonstrou ter um grande potencial, tendo rápida percepção de atrasos nas atividades de terraplanagem, além de possibilitar o controle das frotas de máquinas envolvidas na operação.

Assim sendo, para futuras pesquisas é sugerido um estudo qualitativo com o objetivo de identificar as vantagens da implementação de uma ferramenta para o monitoramento remoto de obras de terraplanagem a partir da plataforma Arduino em estudos publicados base de dados da *Scientific Electronic Library Online* (Scielo) entre 2018 a 2023.

Referências

- Araújo, I. P. S., & Costa, D. B. (2020). Concentração de material particulado proveniente da fase de atividades de terraplanagem e fundações: estudo em um canteiro de obras residencial. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 18(1), 1–8.
- Askew, W. H. et al. (2002). Planning linear construction projects: automated method for the generation of earthwork activities. *Automation in Construction*, 11, 643–653.
- Azar, E. R., & Kamat, V. R. (2017). Earthmoving equipment automation: a review of technical advances and future outlook. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 22 (13), 247–265.
- Dias, S. C. et al. (2020). Cenário da Construção Civil no Brasil durante a pandemia da COVID-19. *Research, Society and Development*, 9(7), e528974464. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4464>.
- Fernandes, L. L. A., & Costa, D. B. (2022). Análise preliminar do processo de transformação digital no setor da construção civil sob as perspectivas social, técnica e operacional. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 19, 1–13.
- Frota, A. G., Sanches, A. E., & Pinheiro, É. C. N. M. (2021). Execução de terraplanagem—estudo de caso: ramal Sullivan Portela no Município de Rio Preto da Eva. *Brazilian Journal of Development*, 7(12), 114106-114123.
- Galego, O., & Marco, G. (2021). Terraplanagem na construção civil. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar*, 1(1), e29740-e29740.
- Inovar Topografia. *Terraplanagem e sua história*. 2014. Recuperado de <https://inovartopografia.com.br/terraplanagem-e-sua-historia/>.
- Jayawardane, A. K. W., & Harris, F. C. (1990). Further development of integer programming in earthwork optimization. *Journal of Construction Engineering and Management*, 116, 18-34.
- Kochovski, P., & Stankovski, V. (2018). Supporting smart construction with dependable edge computing infrastructures and applications. *Automation in Construction*, Elsevier, 85, 182–192.
- Lorenzi, U. M., Grein, W. B., & Corcini, L. F. (2022). Computação em nuvem: conceitos, aplicações e novas tecnologias. *Revista das Faculdades Santa Cruz*, 13(1).
- Lilis, G., & Kayal, M. (2018). A secure and distributed message oriented middleware for smart Building applications. *Automation in Construction*, Elsevier, 86, 163–175.
- Li, C. Z. et al. (2018). An internet of things-enabled bim platform for on-site assembly services in prefabricated construction. *Automation in Construction*, Elsevier, 89, 146–161.

Menezes, S. J. M. C. (2017). Geotecnologias aplicadas à gestão ambiental. *Diversidade e Gestão*, 1(1), 57-69.

Miranda, S. B. A. et al. (2020). Avaliação da produção e do gerenciamento de resíduos de construção e demolição em Belém – Pará – Brasil. *Research, Society and Development*, 9(7), e83973761. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3761>.

Omar, T., & Nehdi, M. L. (2016). Data acquisition technologies for construction progress tracking. *Automation in Construction*, Elsevier, 70, 143-155.

Pereira Júnior, A. et al. (2021). Ações antrópicas ocorridas no bairro Maracanã e a avaliação de impactos ambientais em Santarém – PA. *Research, Society and Development*, 10(15), e433101523172. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i15.23172>.

Rodrigues, M. P., Silva, C. A. M., & Pinheiro, É. C. N. M. (2022). Compactação do solo–estudo de caso: recuperação do ramal das flores no Município de Manaus. *Brazilian Journal of Development*, 8(5), 37168-37186.

Santos Júnior, J. R., Galhardo, C. X., & Santos, V. M. L. (2019). Inovações no setor de construção civil oportunizadas pelas tecnologias da informação. *Revista GEINTEC*, 9(4), 5131 – 5145.

Severino, A. J. (2018). *Metodologia do trabalho científico*. Ed. Cortez.

Silva, C. L. D. et al. (2021). Internet das coisas aplicada à análise e correlação de dados da construção civil. *Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção*, 3, 1-12.

Xu, J., & Lu, W. (2018). Smart construction from head to toe: A closed-loop lifecycle management system based on IOT. *Construction Research Congress*, 157–168.