



OTIMIZAÇÃO DO MÓDULO DE GERENCIAMENTO DO PAINEL SOLAR E BATERIAS DA PLATAFORMA SAMANAÚ.SAT

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/INPE/CNPq)

Letícia Souza Nunes (UFRN, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: leticianunes@crn.inpe.br

Manoel Jozeane Mafra de Carvalho (CRN/INPE, Orientador)
E-mail: manoel.carvalho@crn.inpe.br

Moisés Cirilo de Brito Souto (IFRN, Co-orientador)
E-mail: moises.souto@ifrn.edu.br

SUMÁRIO

RESUMO	3
1 INTRODUÇÃO	4
2 PROJETO INICIAL	4
2.1 Objetivos	4
2.2 Metodologia	5
2.2.1 Scrum	5
2.2.2 Redmine	5
2.2.3 Kanban	6
2.2.4 Git	6
2.2.5 Slack	6
2.3 Materiais	6
2.4 Resultados esperados	7
3 ATIVIDADES REALIZADAS	7
3.1 Adaptação aos requisitos da WMO	8
3.2 Testes de vedação	8
3.3 Adaptação do firmware	9
3.4 Substituição de sensores	9
3.5 Teste de campo e validação dos sensores	10
3.6 Montagem de dez estações	11
3.7 Desenvolvimento do pluviômetro	12
4 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	13
5 REFERÊNCIAS	13

RESUMO

Este trabalho descreve as atividades desenvolvidas no projeto de Iniciação Científica “Otimização do módulo de gerenciamento do painel solar e baterias da plataforma Samanaú.SAT” entre os meses de Agosto de 2017 e Julho de 2018.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho relata as atividades desenvolvidas no projeto de Iniciação Científica “Otimização do módulo de gerenciamento do painel solar e baterias da plataforma Samanaú.SAT”, iniciado em Agosto de 2017, sob orientação do Eng. Manoel Jozeane Mafra de Carvalho, Chefe do Centro Regional do Nordeste do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CRN/INPE) e co-orientação do professor Moisés Cirilo de Brito Souto, coordenador do Centro de Competências em Software Livre do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (CCSL-IFRN), responsável pelo desenvolvimento da plataforma Samanaú.SAT.

O Samanaú.SAT, como exposto por Pereira et al. (2013, p.6), é “um projeto de coleta de dados meteorológicos (...). O principal objetivo deste projeto é o baixo custo final de aquisição, que permite sua utilização em larga escala para redes de coleta de dados de alta resolução”.

Desse modo, as atividades desenvolvidas no projeto e descritas nesse relatório tem como objetivo a continuidade do projeto de Iniciação Científica em andamento desde 2015, e foram pensadas para acrescentar tecnologias à plataforma Samanaú, a fim de otimizar a geração e o consumo energético da plataforma e torná-la cada vez mais precisa e autônoma.

2 PROJETO INICIAL

O projeto Samanaú.SAT está em desenvolvimento pelo CCSL-IFRN em parceria com o CRN/INPE, apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para financiar a utilização de uma rede de plataformas Samanaú previamente desenvolvidas no IFRN e INPE (CNPQ chamada 65/2013 MCTI/CNPQ/FNDCT - Ação Transversal - Pesquisa e Desenvolvimento em Meteorologia e Climatologia Processo: 400053/2014-4) e da Agência Espacial Brasileira (AEB) para o desenvolvimento do transmissor de satélite (AEB Uniespaço 02/2013). Ele consiste no desenvolvimento de uma plataforma de coleta de dados de baixo custo, modular, flexível e precisa, permitindo utilização para medições em larga escala de granularidade, associado com o Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA), desenvolvido pelo INPE.

Desse modo, visa-se garantir que a estação Samanaú.SAT seja autônoma, sendo alimentada por um painel solar em conjunto com uma bateria, seja adaptada aos requisitos para estações de coleta de dados ambientais estabelecidos pela *World Meteorological Organization* (Organização Meteorológica Mundial - WMO) para certificação de estações de coleta de dados, que os dados coletados por seus sensores sejam confiáveis e preciso e que a estação seja modulável, ofertando uma grande variáveis de sensores para possível a inserção ou retirada de acordo com a necessidade do usuário

2.1 Objetivos

Entre os objetivos gerais do projeto, como nos dizem Pereira et al. (2013), pode-se destacar o baixo custo de produção da plataforma e do módulo de gerenciamento, de modo a permitir a distribuição com alta granularidade; a sustentabilidade ambiental, atingida pelo reaproveitamento de materiais; modularidade e auto sustentabilidade, através do funcionamento em regime pleno e autônomo da plataforma, utilizando o painel solar e a bateria para sua alimentação.

O objetivo específico do projeto, por sua vez, foi a otimização do sistema de gerenciamento, através de melhorias do sistema de alimentação solar, desde os ciclos de carga e descarga da bateria, até o consumo dos sensores da plataforma. Além disso, outro objetivo específico foi melhorar a qualidade dos dados coletados e adaptar a estrutura da plataforma para atender aos requisitos da WMO. O desenvolvimento de estruturas externas para a disposição de novos sensores também foi um objetivo, visando a modularidade da estação habilitando a possibilidade de inserção e retirada de uma vasta gama de sensores de variáveis ambientais. Uma vez que esses objetivos forem alcançados, planeja-se distribuir dez estações Samanaú.SAT pelo estado do Rio Grande do Norte.

2.2 Metodologia

A fim de desenvolver o projeto de modo mais eficaz, algumas metodologias específicas e ferramentas de acompanhamento foram adotadas, assim como foi exposto por Pereira et al. (2014, p.10). Entre Elas estão o *Scrum*, *Redmine*, *Kanban*, *Git* e o *Storage*.

2.2.1 Scrum

Scrum é conhecido como uma metodologia ágil de desenvolvimento de software, mas pode ser utilizada para outros projetos. O andamento do projeto passa a ser dividido em *sprints*, cuja duração média é de duas semanas, podendo variar de acordo com o seu objetivo. Ao final de cada *sprint*, é feita uma reunião de *review* onde as atividades desenvolvidas são analisadas. Em seguida, é feito o *planning*, onde o orientados indica as tarefas a serem desenvolvidas no próximo *sprint* e, se necessário, posterga a entrega de tarefas atrasadas.

A adoção dessa metodologia permitiu ao orientador e ao co-orientador acompanharem as tarefas e o desempenho do orientando, além de possibilitar o diálogo entre todos os envolvidos no projeto durante a realização das tarefas e a cerca de empecilhos encontrados no trabalho.

2.2.2 Redmine

O *Redmine* alia-se ao *Scrum* no suporte ao monitoramento das atividades, sendo o ambiente virtual para tal supervisão. Nessa plataforma *online*, o estudante, orientador e co-orientador podem criar, remover e acompanhar as tarefas, postar comentários, arquivos e estabelecer prazos de entrega das atividades. A plataforma também serve como banco de dados informal para o projeto desenvolvido, contando com *Wikis* que descrevem o passo a

passo de cada projeto, subprojeto ou atividade, desde o seu desenvolvimento e construção até seu acionamento.

2.2.3 Kanban

O kanban é um quadro dividido em quatro seções (para fazer, fazendo, testando e concluído), onde as tarefas do projeto são dispostas de acordo com o seu *status*. Conforme o desenvolvimento da atividade, o responsável por ela vai mudando sua posição no quadro. No início de cada *sprint*, uma quantidade certa de fichas referente a quantidade de horas estimada para a conclusão de cada tarefa é adicionada a ela no quadro. Caso a entrega da tarefa seja atrasada, é adicionada uma fita de acordo com o motivo do atraso (vermelha - atraso injustificado e/ou grave, amarelo - atraso parcialmente justificado e/ou de gravidade média, azul - atraso em razão de dependência de artefato do projeto e verde - atraso em razão de mudança na tarefa pela gestão).

Isso permite tanto ao estudante quanto ao orientador e co-orientador observar, de forma visual e rápida, o desenvolvimento das atividades e o comprometimento do orientando em relação a suas tarefas.

2.2.4 Git

O *Git* é um sistema de controle de versões distribuído, usado principalmente no desenvolvimento de *software* mas que pode ser usado para registrar o histórico de edições de qualquer tipo de arquivo. No projeto, ele é usado para registrar as alterações feitas nos códigos utilizados na estação, sobretudo no *firmware* do microcontrolador da Samanaú.SAT, e nos códigos de teste e calibragem dos sensores.

2.2.5 Slack

O *Slack* é um programa de mensagens entre times de trabalho. É através do canal criado para o CCSL no *slack* que é feita a comunicação digital entre membros da equipe do CCSL e entre os orientandos e o co-orientador. É uma ferramenta que facilita a centralização das conversas virtuais acerca do projeto e o acompanhamento contínuo durante o *sprint* de atividades.

2.3 Materiais

Tendo em vista que o projeto se baseia na plataforma Samanaú.SAT, é necessário o acesso a sua arquitetura modular. Todas as estações seguem o padrão desenvolvido que pode ser visto da Figura 1.

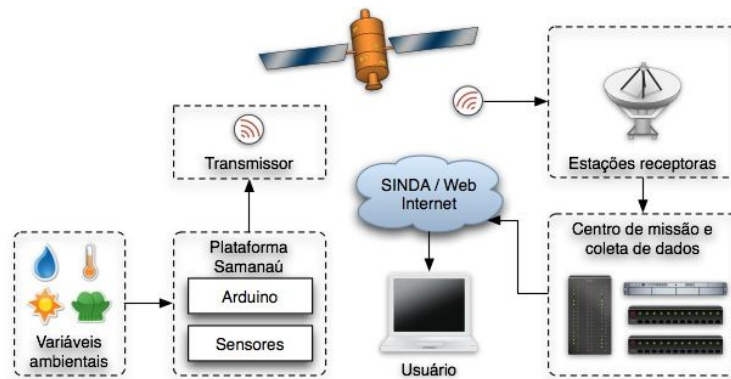


Figura 1: Visão geral da arquitetura do projeto Samanaú.SAT. Fonte: Pereira et al. (2014).

A plataforma Samanaú.SAT utiliza de diversos equipamentos. Dentre eles, pode-se citar o microcontrolador Arduino, responsável por receber os sinais provenientes dos sensores e interpretá-los de modo a se obter informações úteis sobre diversas variáveis ambientais, o Raspberry Pi, computador baseado em um *system on a chip* (SoC) usado na *Appliance* funcionando como centralizador dos dados coletados por várias estações ao seu redor e transmiti-las.

Sensores são responsáveis por coletar diversas variáveis ambientais e funcionam em conjunto com o microcontrolador, encaminhando os dados coletados ao arduino. Visando a praticidade, utiliza-se o padrão *Grove*, onde um *Shield* funciona como intermediário entre o microcontrolador e os sensores. Os dados, por sua vez, são transmitidos via rádio frequência para o centralizador *Appliance*, para um servidor próximo à estação que possua uma antena de recepção ou para um satélite via transmissor satélite. Esses dados são acessados através de uma interface WEB previamente desenvolvida e na página do Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA).

2.4 Resultados esperados

Espera-se que a plataforma funcione em regime pleno e autônomo, sendo alimentada exclusivamente pelo painel solar e bateria. Além disso, espera-se também a estabilidade no uso dos sensores e qualidade nos dados coletados pelos mesmos. Também espera-se que a estação atenda as especificações da WMO, consiga transmitir sinal e exibi-lo na interface do SINDA, e que seja adaptável a inserção de novos sensores desenvolvidos. Outro resultado esperado é a integridade e durabilidade do material utilizado, através da garantia de vedação da estação, impedindo entrada de água e intempéries nas regiões onde estão localizados os equipamentos eletrônicos, como microcontrolador e sensores.

3 ATIVIDADES REALIZADAS

A seguir serão descritas as atividades realizadas desde Agosto de 2017. Como exposto anteriormente, as atividades desenvolvidas não se limitaram ao sistema de gerenciamento do painel e bateria, considerando que adaptações na estação e inserção de novos sensores foram necessários para alcançar os objetivos desejados.

3.1 Adaptação aos requisitos da WMO

A fim de adequar a estrutura da plataforma Samanaú.SAT aos requisitos da WMO para uma futura certificação de estação de coleta de dados, foi desenvolvida uma plataforma de elevação da estação para garantir que ela esteja à pelo menos um metro e meio do chão, a fim de minimizar a interferência térmica do asfalto na coleta dos dados. Essa elevação garante que a estação colete dados com maior fidelidade e precisão.

Também foi desenvolvido um projeto de isolamento da estação composto por cercas, para aumentar a segurança da disposição da estação em locais remotos, diminuindo as chances de furto e de exposição à animais de maior porte.

3.2 Testes de vedação

Um dos principais objetivos do projeto é garantir a autonomia e integridade dos materiais utilizados para construir e fazer a estação de coleta de dados funcionar. Desse modo, foi imprescindível focar na vedação de estação, de modo a proteger os equipamentos eletrônicos de insetos, água da chuva e demais intempéries que possam comprometer o funcionamento dos mesmos.

Assim, foi necessário isolar a caixa de principal, onde estão a maioria dos sensores, microcontrolador e bateria, e demais estruturas externas do chassi que abrigam outros sensores, como o *Shield* térmico, o piranômetro e o pluviômetro. Isso foi feito vedando os canos e/ou conduítes que carregam os fios de comunicação entre o microcontrolador-sensores e entre o painel solar-regulador de carga.

Foram feitos três testes. O primeiro foi sem nenhuma vedação, para saber se de fato o material estaria exposto à intempéries. Após uma semana de teste em campo, notou-se que houve uma infestação de formigas na caixa principal, que colocaria em risco a vida útil dos sensores e do microcontrolador. Tendo a certeza da necessidade de vedação, dois materiais foram propostos para serem usado.

O primeiro material foi a espuma expansiva. Ela foi colocada em todos os canos que possuem passagem de fio de uma estação que foi colocada em *deploy* no CRN. A estação está funcionando a mais de seis meses e ainda não houve caso de infestação de formigas ou outros insetos na caixa principal e demais estruturas externas. Entretanto, o aspecto visual do material não é dos melhores, visto que ele adquiriu uma tonalidade amarelada que era ideal ser evitada. Assim, decidiu-se testar o segundo material para saber se seria uma alternativa viável.

O segundo material é um composto feito com silicone 100%, corante líquido e amido de milho. Ele deve ser preparado em quantidades sob medida pois uma vez que seco, ele não

pode ser remodelado. Sua consistência assemelha-se a de borracha e, mesmo que levemente maleável quando seco, garante a rigidez necessária para impedir a movimentação dos fios e a passagem de insetos. Entretanto, esse material ainda não foi testado em campo, apenas colocado em uma estação. Desse modo, o seu teste caracteriza um possível trabalho futuro do projeto de pesquisa.

3.3 Adaptação do firmware

Após observar que alguns sensores estavam operando em faixas de resultado absurdas (variáveis com valores fora do intervalo de operação listado em seus *datasheets*), notou-se a necessidade de limitar a faixa de operação dos sensores de acordo com os limites de mínimo e máximo presentes em seus *datasheets* nos *drivers* que compõem o *firmware* do microcontrolador.

Feita essa adaptação, notou-se que os sensores ficaram mais estáveis e começaram a fornecer dados mais fiéis e consistentes.

Além disso, alguns sensores foram substituídos, como será abordado no item 3.4. Desse modo, foi necessária a retirada dos *drivers* obsoletos e a inserção dos *drivers* dos novos sensores. Isso possibilitou a diminuição na memória utilizada pelo microcontrolador, melhorando a sua estabilidade - visto que anteriormente ele estava operando sob o seu limite. A quantidade de sensores utilizados permaneceu a mesma, entretanto a quantidade de variáveis coletadas aumentou.

3.4 Substituição de sensores

Anteriormente, o piranômetro da estação contava com dois sensores - de radiação UV e de luminosidade. Entretanto, encontrou-se um único sensor capaz de coletar três variáveis (radiação UV, radiação infravermelha e radiação visível), de modo que esse substituiu os outros dois anteriormente citados.

Outro sensor substituído foi o barômetro. O atual é um barômetro de alta precisão, que além de coletar o dado de pressão atmosférica, também coleta a temperatura e a altitude, ao contrário do modelo antigo que coletava apenas a pressão atmosférica e a temperatura interna.

Visto que, após essas duas primeiras substituições, a estação estava usando um sensor a menos do que anteriormente, foi possível inserir um novo sensor sem comprometer a memória do *firmware*. O sensor escolhido foi o de qualidade do ar, que indica 4 níveis (ar puro, baixa poluição, alta poluição e alta poluição - sinal de força ativo). A tabela 1 mostra as variáveis que eram coletadas antes e depois da substituição de sensores e adaptação do *firmware*.

ANTES		DEPOIS	
SENSOR	VARIÁVEL	SENSOR	VARIÁVEL

Pluviômetro CCSL v1.0	Precipitação	Pluviômetro CCSL v2.0	Precipitação
Temperatura e Umidade Pro v1.3	Temperatura externa	Temperatura e Umidade Pro v1.3	Temperatura externa
	Umidade relativa do ar		Umidade relativa do ar
GPS v1.2	Latitude	GPS v1.2	Latitude
	Longitude		Longitude
Barômetro v1.0	Pressão atmosférica	Barômetro alta precisão v1.0	Pressão atmosférica
	Temperatura interna		Temperatura interna
UV v1.0	Radiação UV		Altitude
Light v1.2	Iluminância	Sensor <i>sunlight</i> v1.0	Radiação UV
			Radiação visível
			Radiação infravermelha
		Qualidade do ar v1.3	Qualidade do ar

Tabela 1: Comparativo de sensores utilizados e variáveis coletadas antes e depois da atualização.

3.5 Teste de campo e validação dos sensores

Existe um protótipo da estação Samanaú.SAT que está em teste desde 28 de Dezembro de 2017 no CRN/INPE. Esse protótipo já se encontra fixado à plataforma de elevação mencionada no item 3.1, de modo a coletar os dados de forma mais fiel, mas não possui o pluviômetro.

Através da plataforma online desenvolvida (www.samanau.ifrn.edu.br), foi possível acompanhar os dados coletados, a autonomia da estação e a integridade, ou não, dos sensores. Notou-se que a estação está funcionando de forma autônoma, visto que mesmo durante a temporada de chuvas, quando a incidência solar sob a estação é menor, ela não parou de funcionar (mesmo com menos tempo de sol, foi possível carregar a bateria de forma suficiente a ela alimentar a estação durante a noite).

A validação dos dados coletados foi feita através da comparação dos mesmos com aqueles obtidos pela estação da marca *Davis*, já estabelecida no mercado de estações de coleta de dados ambientais. Essa estação foi montada no CRN/INPE, logo ao lado do local de *deploy* da estação Samanaú.SAT, para que elas atuem sob o mesmo ambiente.

Após meses de coleta de dados, concluiu-se que apenas um sensor apresenta problemas no quesito de desempenho - o de temperatura e umidade. Os demais tiveram desempenho semelhante aos da estação *Davis*, dentro de uma escala de erro de

aproximadamente 10%. Entretanto, o sensor de temperatura e umidade saturou duas vezes a coleta dos dados de umidade relativa do ar, “travando” durante grande quantidade de tempo na leitura de 99%, que é absurda - essa leitura pode ser vista na Figura 2. A coleta dos dados de temperatura, por sua vez, permaneceram fiéis e dentro da faixa de erro estabelecida no seu *data sheet*.

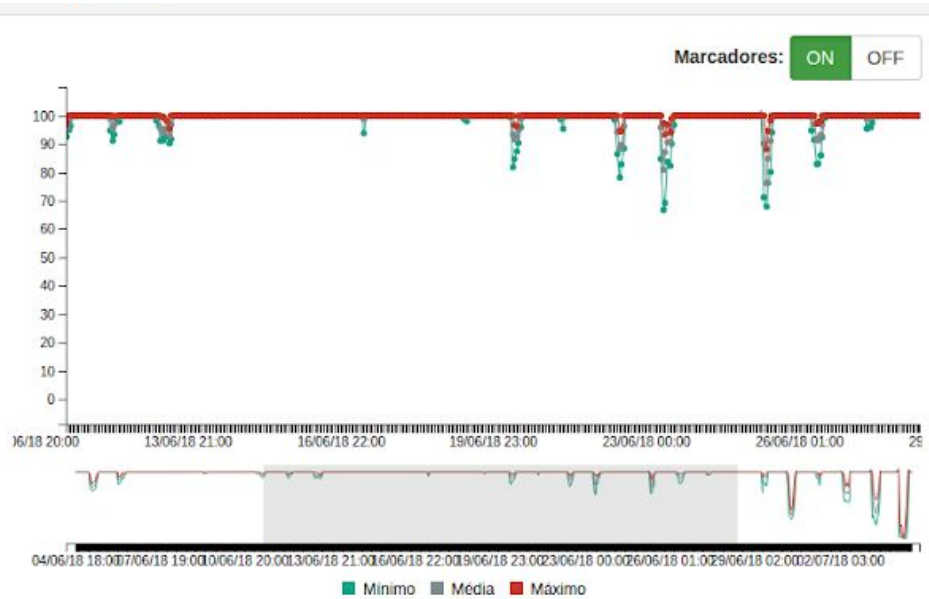


Figura 2 - Gráfico dos dados de umidade relativa do ar. Retirado de: www.samanau.ifrn.edu.br

Duas hipóteses foram levantadas para justificar a saturação do sensor de umidade. A primeira foi de falha física, visto que foi constatado que um capacitor do primeiro sensor testado havia sido arrancado. Desse modo, o sensor foi substituído por um novo, com o capacitor intacto, para verificar se ele voltaria a saturar. Após aproximadamente um mês, o sensor saturou novamente, e constatou-se que ele estava intacto fisicamente (o capacitor não havia sido arrancado). Assim, a primeira hipótese foi descartada.

A segunda hipótese foi por acúmulo de água na tela de proteção dos sensores que ficam localizados no *Shield* térmico. Essa tela é feita de plástico e possui uma trama pouco preenchida, de modo que é fácil o acúmulo e até mesmo a passagem de água pela trama. Desse modo, há o plano de testar uma nova tela, de trama menor e feita de aço-inox (micro tela), que deve impedir de forma mais ativa a passagem e o acúmulo de água da região próxima ao sensor de temperatura e umidade. Não há como garantir, entretanto, que essa seja a solução ideal para esse problema. Caso ele volte a acontecer, pode-se considerar a substituição do modelo do sensor para um mais moderno e confiável. Portanto, caracteriza uma possível tarefa futura a ser desenvolvida no projeto de pesquisa.

3.6 Montagem de dez estações

Um dos objetivos do projeto é distribuir dez estações Samanaú.SAT por dez campi do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Visto que a

estrutura principal do protótipo já foi validada, foi possível replicar outras nove estruturas iguais ao protótipo em *deploy* no CRN/INPE, para totalizar dez estações a serem distribuídas.

Entretanto, ainda falta inserir as estruturas externas, como *Shield* térmico, pluviômetro e piranômetro, visto que a instalação das mesmas depende da impressão 3D dos seus artefatos - processo que demora considerável tempo. Considerando que alterações ainda podem ser necessárias nos artefatos externos, sobretudo no *Shield* térmico para que o sensor de umidade pare de saturar, a finalização das dez estações só será feita quando o protótipo em *deploy* parar de apresentar o problema nesse sensor em específico.

3.7 Desenvolvimento do pluviômetro

O antigo pluviômetro usado nas estações Samanaú.SAT foi desenvolvido por Juscelino Araújo e, como exposto por Araújo (2015), funcionava com um sensor óptico que identifica quando a balsa vira de um lado para o outro e envia um sinal para a plataforma; ele faz isso enviando um sinal de uma ponta a outra, logo quando algo “atrapalha” o caminho do sinal, ele identifica que algo está no meio do sensor - nessa aplicação, essa situação acontece quando o interruptor, fixado ao eixo da balsa, passa pelo sensor.

Esse pluviômetro foi colocado em teste, e notou-se que a região onde estava localizado o circuito com a chave óptica estava muito exposta a passagem de água, de modo que após alguns dias de chuva o circuito já não estava mais funcionando, devido ao contato com a água. A configuração antiga da disposição do circuito no pluviômetro pode ser vista na Figura 3. Desse modo, ficou explícita a necessidade de modificar o design do pluviômetro para que o circuito ficasse mais protegido, de modo a aumentar sua durabilidade e confiança.

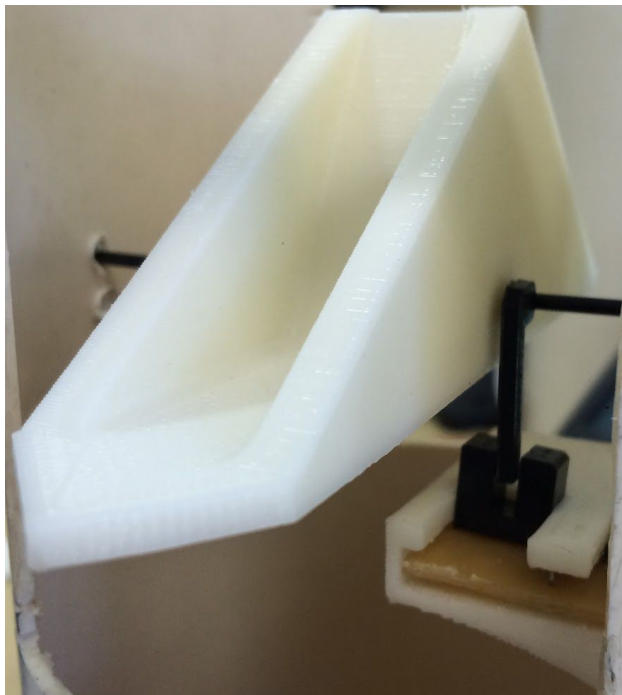


Figura 3: Balsa, chave de interrupção e circuito do primeiro modelo do pluviômetro. Fonte: Elaboração própria

Considerando a necessidade de isolamento do sensor da passagem de água, decidiu-se modelar uma estrutura para ser impressa em 3D que limitasse a passagem de água à balsa por meio de “paredes”. Essas paredes possuem um rasgo, por onde passa o eixo da balsa, eixo tal sob o qual fica a chave de interrupção. Assim, o circuito fica do lado de fora dessas paredes, região onde não passa nenhum fluxo de água, e a chave de interrupção funciona do mesmo modo que o primeiro modelo do pluviômetro - o fluxo de água fará a balsa girar, que por meio do seu eixo fará a chave rotacionar e acionar o sensor óptico do circuito de captura de precipitação.

O design já foi desenvolvido, entretanto ainda não foi possível a impressão da peça principal. Visto que ela é muito robusta, houveram problemas nas tentativas de impressão devido ao longo tempo demandado pela impressora - a peça ficou levantando da mesa, implicando na necessidade de parar o processo.

O circuito, entretanto, já foi feito e testado em protoboard. Posteriormente foi desenvolvida a sua PCB, para diminuir a sua área e facilitar a conexão com o microcontrolador. Desse modo, fica como trabalho futuro a ser desenvolvido a impressão do novo design do pluviômetro e seu teste integrado à PCB montada. Além disso, será necessária a adaptação do *driver* do pluviômetro de acordo com o volume de água necessário para realizar o giro da balsa - esse volume é importante para o cálculo da pluviometria e terá que ser atualizado no firmware da estação, para que os dados coletados sejam corretos.

4 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Examinando as atividades realizadas nesse projeto de Iniciação Científica, fica claro que tarefas das mais diversas naturezas foram desenvolvidas, propiciando uma rica experiência para o desenvolvimento acadêmico, profissional e pessoal da discente.

Levando em consideração o que foi exposto no relatório, conclui-se que os trabalhos futuros serão voltados para o teste do segundo material de vedação citado no item 3.2, para o teste da nova tela de proteção para os sensores do *Shield* térmico, para a finalização distribuição das dez estações pelo Rio Grande do Norte, teste do novo corpo do pluviômetro e adaptação do *driver* do pluviômetro para adequar o cálculo da pluviometria de acordo com o novo volume necessário para realizar o giro bascular da nova balsa.

5 REFERÊNCIAS

PEREIRA, Anderson Manoel de Azevedo; TAVARES, Felipe de Oliveira Lúcio; ARAÚJO, Juscelino Pereira de; SOUTO, Moisés Cirilo de Brito; VITORINO, Bruno Augusto Ferreira. Samanáu.sat: Plataforma de baixo custo para coleta de dados integrada ao Sistema Integrado de Dados Ambientais – SINDA. In: **FEIRA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA – FEBRACE 12**. São Paulo: EPUSP, 2014.

BANZI, Massimo. **Primeiros Passos com o Arduino**. São Paulo: Novatec, 2011.

PEREIRA, Anderson Manoel de Azevedo; TAVARES, Felipe de Oliveira Lúcio; SOUTO, Moisés Cirilo de Brito; SILVEIRA, Max Miller da. Projeto Samanaú: Rede de sensores sem fio de Caicó. In: **FEIRA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA – FEBRACE 11**. São Paulo: EPUSP, 2013.

SOUTO, Moisés Cirilo de Brito. **Desenvolvimento de uma interface gráfica para o sistema de controle da antena da estação multimissão de Natal – EMMN**. 2009.

Y. Crotti; J. B. Da Silva; R. Marcelino; G. Vilson; L. C. S. Casagrande. Raspberry Pi e Experimentação Remota. In: **International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning – ICBL2013**.

Anderson M. de A. Pereira; Felipe de O. L. Tavares; Bruno A. F. Vitorino; Moisés C. B. Souto; Max M. Silveira. Sistema de análise e controle de carga a partir do uso de painel solar e baterias para o projeto Samanaú. In: **VIII CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO – CONNEPI 2013**. Salvador: IFBA.