

# Desenvolvimento de sistemas microcontrolados embarcados em plataforma Arduino para equipamentos de monitoramento para estudos hidrogeoquímicos

Kathleen G. M. P. Pinto\*  
Renato G. S. Barcellos\*\*

## Resumo

*Este estudo traz a proposta do desenvolvimento de sistemas microcontrolados em plataforma Arduino para aplicação em equipamentos de monitoramento ambiental de parâmetros hidrogeoquímicos. A disseminação da plataforma Arduino como um sistema de baixo custo e de fácil aprendizado caracterizado por ser open source em software e hardware amplia significativamente as pesquisas no desenvolvimento de equipamentos para monitoramento ambiental. Nesta concepção, o ensino de microcontroladores para o nível técnico torna-se mais atraente pela disponibilização de bibliotecas específicas dos periféricos que podem ser utilizados junto ao sistema Arduino. O desenvolvimento de soluções tecnológicas por parte dos alunos torna-se o eixo principal do aprendizado em laboratório, despertando o interesse e a curiosidade científica através das soluções propostas. A atuação dos alunos fica mais próxima da Pesquisa, Inovação e Desenvolvimento pela possibilidade de imersão no problema e na convivência diária no laboratório junto aos professores e alunos de outros níveis. A produção é otimizada pela disposição do mobiliário e pelo suporte dos professores de diversas áreas do conhecimento que contribuem para um processo de ensino integrado.*

*Palavras-chave: Monitoramento ambiental. Geoquímica. Ambientes lagunares. Arduino.*

## Introdução

A expansão das atividades do petróleo na Bacia de Campos e a conseqüente expansão urbana experimentada pelos municípios da região, nos últimos 20 anos, causaram impactos significativos no ambiente costeiro, notavelmente nos ecossistemas de restinga. Neste cenário, os impactos observados nas lagoas costeiras estão relacionados principalmente com a expansão urbana. A nova dinâmica econômica interfere diretamente no processo de uso e ocupação do solo através da instalação de empresas *offshore*, ampliação da malha viária, atividades de turismo e lazer. As modificações do uso do solo com caráter urbano industrial exercem pressões sobre antigas áreas rurais caracterizadas pela pecuária e plantio de cana. A degradação ambiental da restinga e das lagoas está relacionada com a ocupação irregular, o despejo de esgotos, a expansão urbana e, demais atividades que de uma forma ou de outra interferem nos processos biológicos e geoquímicos do ambiente. Essa interferência antrópica, ao superar a capacidade de suporte do ambiente,

pode tornar irreversível a sua recuperação ou acarretar um aumento significativo nos custos de obras de mitigação dos danos provocados.

Nesse contexto os estudos de monitoramento tornam-se estratégicos para o conhecimento dos processos e suas inter-relações com outros ambientes. O monitoramento ambiental de parâmetros geoquímicos é fundamental na geração de dados básicos para estudos interdisciplinares, que objetivam a conservação dos ambientes costeiros fornecendo subsídios para estudos, visando à implantação de novos empreendimentos para a região. A atuação na área de monitoramento de processos geoquímicos em ambientes lagunares, motivou pesquisadores do Laboratório de Computação Física - LCF do *campus* Quissamã do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, em parceria com a Rede UFF de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável REMADS-UFF, a desenvolver projetos de desenvolvimento de protótipos para monitoramento ambiental utilizando sistemas embarcados concebidos com *software* e *hardware* livres. Os projetos são voltados principalmente para monitoramento de parâmetros geoquímicos em ambientes lagunares. Por outro lado, a principal relevância desta iniciativa está relacionada com capacitação dos alunos de nível técnico no desenvolvimento de tecnologias de baixo custo e de fácil configuração apoiada na plataforma Arduino.

A criação do Arduino abre um novo paradigma na microeletrônica e eletrônica embarcada por permitir que pessoas com poucos conhecimentos em eletrônica e programação sejam capazes de desenvolver projetos próprios, ampliando significativamente a aprendizagem e desenvolvimento específico no nível de ensino médio e técnico. Por outro lado, esta acessibilidade é providencial para o estímulo à pesquisa e inovação, por utilizar equipamentos e sistemas eletrônicos de fácil aquisição e relativamente de baixo custo, se comparado aos equipamentos e componentes da escala industrial. A possibilidade do desenvolvimento de equipamentos de baixo custo gera uma independência da aquisição de

\* Técnica em Eletromecânica pelo IFFluminense *campus* Quissamã. E-mail para contato: kathleen.moreira@yahoo.com.br.

\*\* Coordenador do Laboratório de Computação Física do *campus* Quissamã.

equipamentos importados que possuem uma tecnologia embarcada proprietária e sem acesso ao usuário, não podendo ser modificada ou otimizada. O domínio da tecnologia e o estímulo à inovação no contexto regional ampliam significativamente as opções de atuação dos alunos bolsistas pela oportunidade de integração entre o conhecimento técnico em microeletrônica e suas aplicações na área ambiental, tal qual foi demonstrado por Barcellos et al. (2013).

O projeto, pelo seu caráter de inovação, impõe ao estudante uma dedicação razoavelmente intensa pela necessidade de estudo tanto na área de programação e microeletrônica como nos processos geoquímicos ambientais que caracterizam a hidrodinâmica e hidrogeoquímica das lagoas costeiras do Norte Fluminense. O *campus* Quissamã do Instituto Federal Fluminense localiza-se a menos de 15 km da Lagoa Feia e está inserido no contexto de mais de treze lagoas, entre temporárias e perenes, apresentando características bem distintas entre si. Esta proximidade apresenta um facilitador para trabalhos de campo e desenvolvimento de programas de monitoramento ambiental. A iniciativa tem como metas o desenvolvimento da autonomia no domínio da tecnologia de *hardware* e *softwares* livres; o aprofundamento no conhecimento de materiais existentes que possam ser reciclados, a ampliação da área de formação dos alunos do nível técnico na área de meio ambiente e o desenvolver da inovação tecnológica. Neste trabalho apresentamos alguns resultados do início dos estudos na plataforma Arduino e as concepções educacionais adotadas para a criação do espaço de desenvolvimento.

## Metodologia

O primeiro aspecto fundamental para o desenvolvimento do projeto submetido ao Programa de Formação de Recursos Humanos – PFRH 101 – no convênio Petrobrás-IFF foi a aquisição de equipamentos, materiais de infraestrutura e de consumo que favoreceram a concepção de protótipos e a potencialização das atividades relacionadas às disciplinas que compõem a grade curricular. O segundo aspecto está na concepção dos projetos que partem da demanda tecnológica apresentada por estudos prévios envolvendo os conceitos de geoquímica ambiental e a proposta de monitoramento para obtenção dos dados para fins de pesquisa. A situação problema é apresentada aos alunos e discutida através de uma dinâmica de ideias envolvendo professores, alunos e demais pesquisadores. As condições de concepção focam a utilização prioritária de materiais de fácil acesso e utensílios que possam ser reconfigurados ou

reutilizados com outra finalidade, na utilização de *software* e *hardware* livres, facilidade de montagem para transporte ao campo, baixo consumo de energia e configuração no campo. Assim as etapas de desenvolvimento foram definidas: (1) concepção conceitual do projeto, (2) avaliação de materiais e objetos para a construção do sistema, (3) concepção da eletrônica microcontrolada, (4) encapsulamento, (5) testes, (6) protótipo final. O *hardware* escolhido para suportar os sistemas de monitoramento foi a plataforma de prototipagem eletrônica flexível microcontrolada Arduino (ARDUINO, 2013).

O Arduino (Figura 1) possibilita o encaixe de módulos acessórios como GPS, cartão de armazenamento SD, pH, OD, salinidade, Eh e temperatura. Sua flexibilidade de interação com outros acessórios como relés, sensores, LCDs, etc. somados ao ambiente de programação aproximam a prototipagem ao usuário comum a desenvolvimento antes restrito aos centros acadêmicos e ambientes de desenvolvimento profissional. A plataforma de programação utilizada é do próprio Arduino, que constitui uma linguagem de programação de alto nível próprio, baseada no Processing e muito semelhante ao C (PROCESSING, 2013).



Figura 1 - Arduino Uno

## Resultados

O projeto desenvolvido no PFRH101 motivou a concepção de um laboratório com infraestrutura de uso múltiplo e de caráter multidisciplinar, que possibilita ao estudante o contato com alunos de diversos níveis de formação e ao acompanhamento de atividades de graus de dificuldade diferenciados. Neste sentido, a Coordenação de Eletromecânica do *campus* Quissamã cedeu o espaço do antigo laboratório de instalações elétricas, que se encontrava sem a infraestrutura ideal para o desenvolvimento das atividades de eletrotécnica ao grupo para a concepção de um novo Laboratório. Os resultados alcançados na etapa da concepção da eletrônica microcontrolada são apresentados na Figura 2 através de um diagrama de blocos do sistema eletrônico. Basicamente o projeto foi concebido composto com dois circuitos que têm alimentação distinta. Em verde os blocos indicam

os sensores utilizados, em azul claro o sistema controlador, no caso o Arduino, em azul escuro as placas adicionais como cartão SD para registro dos dados, uma placa de data e hora (clock) e um módulo *bluetooth* para envio dos dados. O sistema tem ainda um módulo de motor de mistura para circulação da água em caso de sistemas fechados de monitoramento e tem alimentação isolada do módulo do Arduino. A organização em diagramas de blocos facilita ao aluno a visualização da estrutura para a criação do algoritmo de programação.

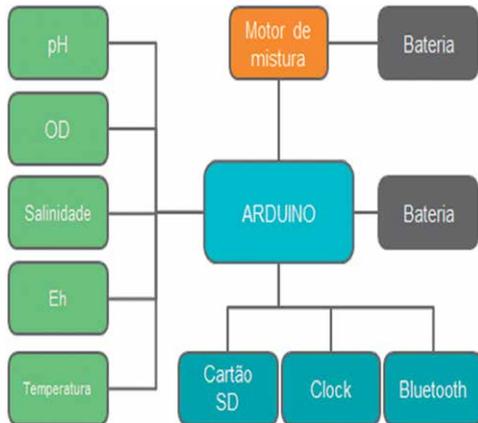


Figura 2 - Diagrama de blocos do sistema eletrônico

A programação foi realizada com cada um dos módulos isolados para posteriormente anexá-los um por vez no sistema principal. Após a inserção de cada módulo foi realizada uma etapa de testes. Esta etapa de programação foi a que demonstrou ser a maior dificuldade dos alunos devido à integração de programação dos diversos módulos constituintes do sistema que por vezes aparentam inconsistências de sintaxe. Na Figura 3 podem ser visualizados os resultados obtidos com o sistema em funcionamento, onde temos a data, hora, posicionamento por GPS, leitura de pH e temperatura.

Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda									
10/2/13	17:15:25	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.28	24.17				
10/2/13	17:15:27	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.34	24.08				
10/2/13	17:15:30	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.26	24.10				
10/2/13	17:15:32	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.34	24.17				
10/2/13	17:15:35	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.29	24.17				
10/2/13	17:15:37	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.31	24.17				
10/2/13	17:15:40	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.28	24.17				
10/2/13	17:15:42	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.33	24.17				
10/2/13	17:15:45	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.27	24.17				
10/2/13	17:15:47	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.31	24.25				
10/2/13	17:15:50	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.28	24.25				
10/2/13	17:15:52	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.32	24.25				
10/2/13	17:15:55	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.27	24.25				
10/2/13	17:15:57	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.32	24.17				
10/2/13	17:16:00	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.30	24.17				
10/2/13	17:16:02	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.32	24.13				
10/2/13	17:16:05	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.25	24.08				
10/2/13	17:16:07	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.28	24.08				
10/2/13	17:16:10	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.30	24.17				
10/2/13	17:16:12	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.26	24.24				
10/2/13	17:16:13	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.29	24.17				
10/2/13	17:16:16	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.25	24.17				
10/2/13	17:16:18	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.28	24.17				
10/2/13	17:16:22	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.22	24.25				
10/2/13	17:16:27	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.27	24.18				
10/2/13	17:16:30	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.20	24.17				
10/2/13	17:16:32	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.26	24.08				
10/2/13	17:16:35	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.23	24.08				
10/2/13	17:16:37	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.26	24.17				
10/2/13	17:16:40	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.21	24.17				
10/2/13	17:16:42	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.26	24.18				
10/2/13	17:16:45	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.18	24.17				
10/2/13	17:16:47	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.23	24.17				
10/2/13	17:16:50	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.12	24.17				
10/2/13	17:16:52	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.24	24.17				
10/2/13	17:16:55	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.15	24.08				
10/2/13	17:16:57	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.13	24.17				
10/2/13	17:17:00	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.13	24.17				
10/2/13	17:17:05	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.14	24.08				
10/2/13	17:17:17	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.14	24.08				
10/2/13	17:17:10	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.14	24.04				
10/2/13	17:17:11	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.15	23.99				
10/2/13	17:17:13	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.12	23.99				
10/2/13	17:17:17	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.14	24.08				
10/2/13	17:17:20	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.08	24.08				
10/2/13	17:17:22	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.13	24.08				
10/2/13	17:17:23	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.08	24.17				
10/2/13	17:17:27	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.09	24.17				
10/2/13	17:17:30	-22°	6'	38.25°	-41°	28'	44.43°	7.02	24.17				

Figura 3 - Resultados obtidos com teste do Clock, pH e temperatura

As etapas de encapsulamento do sistema, testes e produto final não são apresentados neste artigo devido aos resultados alcançados que possibilitaram o requerimento de patentes. O *design* dos projetos elaborados apresentou um resultado importante na configuração das atividades propostas.

## Discussão

O novo Laboratório chamado de *Laboratório de Computação Física – LCF* foi estruturado a partir de uma concepção de vivência dos alunos e professores permitindo a interatividade a qualquer hora do dia. Um espaço para a livre discussão de ideias e questionamentos. O acesso dos alunos aos equipamentos, assim como a tecnologias não experimentadas na escola, serviu de estímulo para o estudo em grupo e o desenvolvimento de iniciativas autodidatas dos alunos. As demandas de produção surgiram como desafios a serem vencidos. Em relação ao espaço da sala de aula, este foi reestruturado com o reposicionamento das bancadas como mesas centrais rodeadas de cadeiras, sendo as demais bancadas alocadas para as laterais da sala para apoio aos equipamentos e ferramentas, configurando os espaços de desenvolvimento e construção de protótipos (Figuras 4 e 5). O apoio do PFRH101 permitiu a integração de armários e bancada de estrutura em aço para armazenamento de equipamentos e para trabalhos mais robustos. A concepção conceitual do projeto e a avaliação dos materiais a serem empregados na construção dos sistemas são discutidos durante a dinâmica de ideias. A dinâmica de ideias foi uma metodologia empregada para que os alunos atuassem de forma semelhante ao ambiente de desenvolvimento de profissionais voltados para o *design* de protótipos, conforme ilustrado nas Figuras 4 e 5.



Figura 4 – Dinâmica de ideias



Figura 5 – Interação com professores

A concepção do *Laboratório de Computação Física – LCF* possibilitou a integração de disciplinas a um espaço de uso múltiplo aliado a uma infraestrutura diversificada que oferece ao aluno os recursos necessários para a produção de protótipos concebidos em diferentes projetos. O livre acesso ao laboratório amplia significativamente o relacionamento interpessoal entre professores e alunos de outros níveis incentivando a troca de ideias de forma mais despojada. Neste sentido são estimulados que alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPEA do IFFluminense *campus* Macaé possam desenvolver suas pesquisas e protótipos utilizando a infraestrutura do LCF como estratégia de integração com os alunos dos cursos técnicos subsequentes e integrados. A convivência com alunos de níveis mais avançados possibilita ao aluno do curso técnico acompanhar o desenvolvimento e produção dos protótipos ampliando significativamente a aplicação dos conceitos estudados durante o curso integrado de eletromecânica. A multiplicidade de formações dos professores e o convívio direto no laboratório possibilitam debates em torno de temas relacionados aos projetos oferecendo aos alunos momentos de reflexão e de interação. O laboratório adquire um formato de ambiente de convivência e de integração para debates e produção de ideias. Neste sentido são estimuladas a realização de oficinas ministradas pelos alunos em temas específicos dos seus estudos e projetos que normalmente não ocorrem na sala de aula tradicional.

Neste contexto, o início das atividades do projeto proposto foi marcado pelas reuniões de discussão de ideias, para a concepção do projeto que atenderia a demanda de monitoramento das lagoas costeiras. Pensou-se primeiramente em uma abordagem de conceito do objeto de caráter mais amplo. Posteriormente foram definidos dois objetos como boias de monitoramento e o desenvolvimento de um sistema submersos para monitoramento dos parâmetros geoquímicos da água. Foi observado que essa dinâmica de discussão e questionamentos sobre viabilidade das ideias e forma de discussão acabou refletindo em outros projetos e atividades de disciplinas.

O segundo aspecto foi referente aos materiais a serem empregados nos protótipos. Na busca pelos materiais para construção dos protótipos a orientação para os alunos foi sempre que possível avaliar a utilização de materiais reciclados e utilizar objetos já existentes para integrar ao sistema. No entanto, a busca por materiais, reaproveitamento de objetos existentes e disponíveis no mercado tornou-se um dos principais desafios para o laboratório que está em fase de estruturação. A utilização de materiais ou objetos disponíveis no mercado em lojas tradicionais apresenta um

facilitador em relação a peças de reposição e possibilidade de oferta em qualquer cidade.

A aquisição dos componentes eletrônicos, placas de Arduino e placas complementares, apresenta-se como o fator de maior risco ao desenvolvimento dos projetos devido aos custos de importação e revenda nos distribuidores brasileiros. Por outro lado, a aquisição direta da China, via pessoa física, obedece ao limite de importação com isenção e considera o tempo de entrega superior a um mês para transporte. Tratando-se de pesquisa e desenvolvimento educacional, os investimentos são normalmente baixos e os processos de aquisição bastante burocráticos. No sistema brasileiro o gasto chega a 3/5 dos valores de componentes na compra direta. Esta diferença no quadro de escassez de recursos provoca uma perda de recursos considerável repercutindo em possibilidades perdidas em projetos futuros. De forma geral foram realizadas algumas aquisições no mercado nacional para os projetos propostos.

## Conclusão

O projeto encontra-se em fase de finalização e as inovações criadas terão suas patentes requeridas para, posteriormente, ser produzido outro modelo para execução e monitoramento para fins de publicação de pesquisa. O projeto possibilitou a construção conceitual de um modelo de laboratório, o *Laboratório de Computação Física – LCF* mais flexível onde o espaço de produção passa a ser um espaço de convivência para os alunos de diferentes níveis de formação ampliando significativamente a integração e estimulando a criação de projetos. Essa concepção de estrutura funcional em fase de amadurecimento torna os projetos concebidos uma retroalimentação para novos alunos que são estimulados a participarem através dos diversos modelos de fomento para bolsas na expectativa de produção de novos protótipos. A iniciativa voltada para a Pesquisa, Desenvolvimento e inovação – PD&I permite uma forma de aprendizagem mais dinâmica calcada principalmente no aluno através de demandas tecnológicas cuja solução depende de um grupo de profissionais integrados e de caráter multidisciplinar tal qual o mercado se configura na atualidade. A inovação é o caráter mais dinamizador e motivador do aluno pela necessidade não declarada de utilização dos conceitos fundamentais das disciplinas associado à criatividade. A liberação das formas tradicionais de avaliação e aprendizagem se materializam na produção de filmes de curta duração realizadas com câmeras de celular, tutoriais criados durante as aulas e proposição de apresentação de projetos que fogem aos modelos tradicionais de produção intelectual.

## Agradecimentos

Agradecemos à Petrobrás pelo financiamento da infraestrutura e do projeto dentro do Programa de Formação em Recursos Humanos número 101 resultante do convênio com o Instituto Federal Fluminense. Agradecemos à Rede UFF de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – REMADS pelos primeiros contatos e troca de informações para a concepção do projeto e que certamente se firmará através de uma cooperação técnica. Especial agradecimento ao prof. Luís França, coordenador do curso de Eletromecânica que apoiou e incentivou a criação do Laboratório de Computação Física - LCF, ao prof. Daniel Vasconcelos, coordenador do curso de Informática pelo interesse de integrar e desenvolver diversos outros projetos no LCF e ao Diego nosso representante do IFF no PFRH101 pelas inúmeras ligações e conversas a respeito de todas as dúvidas existentes durante o projeto.

## Referências

ARDUINO (2013). Disponível em: <<http://arduino.cc/en/>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

PROCESSING (2013). Disponível em: <<http://www.processing.org/>>. Acesso em: 29 mar. 2013.

BARCELLOS, R. G. S. ; PINTO, K. G. ; SANTOS FILHO, J. F. ; SILVA, D. V. ; Wasserman, J. C. F. A. *Bóia de deriva para monitoramento de parâmetros geoquímicos em ambientes lagunares*. In: XIV Congresso Brasileiro de Geoquímica e Simpósio Latino-Americano de Mapeamento Geoquímico, 2013, Diamantina, MG. Conferências e Resumos Científicos. Rio de Janeiro, RJ: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 2013.