



Marcelo Correa de Moraes

**A Contribuição da Tecnologia Computacional
Inteligente na Gestão da Produção da Energia
Elétrica Utilizando Potencial Eólico**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Celso Romanel

Rio de Janeiro
Agosto de 2011



Marcelo Correa de Moraes

A Contribuição da Tecnologia Computacional Inteligente na Gestão da Produção da Energia Elétrica Utilizando Potencial Eólico

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação Engenharia Urbana e Ambiental (opção Profissional) do Departamento de Engenharia Civil do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Celso Romanel

Orientador

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Prof. Alcir de Faro Orlando

Departamento de Engenharia Mecânica – PUC-Rio

Prof.^a Ana Lucia Torres Seroa da Motta

Departamento de Engenharia Civil – UFF

Prof. José Eugênio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 05 de agosto de 2011.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização do autor, do orientador e da universidade.

Marcelo Correa de Moraes

Trabalha, desde 2009, como Consultor da UNESCO na CAPES, MEC e MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). Professor de Graduação da FEUC (Fundação Educacional Unificada CampoGrandense) e Universidade Simonsen. Autor de dois livros publicados em 2007 e 2008. Certificado em SOA pela TIBCO em 2008.

Ficha Catalográfica

Moraes, Marcelo Correa de

A contribuição da tecnologia computacional inteligente na gestão da produção da energia elétrica utilizando potencial eólico / Marcelo Correa de Moraes ; orientador: Celso Romanel. – 2011.

100 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, 2011.

Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental

Inclui bibliografia

1. Engenharia civil – Teses. 2. Engenharia urbana e ambiental. 3. Energia eólica. 4. Arquitetura orientada a serviços (SOA). 5. Gestão. I. Romanel, Celso. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

CDD: 624

Agradecimentos

Agradeço ao meu Coordenador, Professor e Orientador do Mestrado, Prof. Celso Romanel, que sempre acreditou no meu potencial acadêmico e é meu grande inspirador como ser humano e professor universitário.

Agradeço a Srta. Paula Enoy pelo seu apoio na PUC-Rio que foi fundamental para que conseguisse chegar neste momento.

Resumo

Moraes, Marcelo Correa de. Romanel, Celso. **A contribuição da tecnologia computacional inteligente na gestão da produção da energia elétrica utilizando potencial eólico.** Rio de Janeiro, 2011. 100p. Dissertação de Mestrado (Opção profissional) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As grandes companhias de energia eólica buscaram durante muito tempo por uma solução eficiente e economicamente viável para integração de sistemas e obtenção de maior alinhamento entre o negócio e tecnologia. SOA apareceu e vem sendo adotado por algumas destas empresas para tal finalidade. Estatísticas dizem que entre as dez maiores empresas de energia, cinco já adotam SOA como solução para seus problemas gerenciais. SOA foi elaborado pensando-se nestas corporações, mas recentemente passou-se a discutir sua aplicabilidade no mercado exclusivo de energias. Neste contexto, este trabalho se propõe analisar a aplicabilidade de SOA a Energia Eólica, propondo algumas idéias para que esta adequação possa ocorrer e realizando um estudo de caso na implantação para estas empresas, fazendo uso de tecnologias e ferramentas gratuitas.

Palavras-chave

Energia eólica; arquitetura orientada a serviços; energia sustentável.

Abstract

Moraes, Marcelo Correa de. Romanel, Celso. (Adivisor) **The contribution of intelligent computer technology in the management of the production of electricity using wind power.** Rio de Janeiro, 2011. 100p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Currently, sustainable technology is an objective study everywhere in the world, since the energy industry needs intelligent alternatives to transform Green Energy into something profitable, having little environmental impact and greater efficiency in its production processes. Wind power is an alternative energy source with the largest number of studies by industry and science displaying all the proper factors to healthy living with Green Energy. With the research conducted over the past two years, the need was perceived, in real cases, for a technology associated with the Intelligent Computational Wind Energy in terms of better energy use for both the producer and for end consumers. In situ monitoring and research were carried out by wind energy companies based in Fortaleza, Brazil, having wind farms in their respective cities, such as at the Port of Pecém by Bons Ventos Engenharia and also in the state of Rio Grande do Norte. Monitoring was performed and, while headquartered in Denmark (Europe), on site research was carried out by a generator supplier for wind energy (Suzlon Brazil). These field studies took nearly three months to complete while adhering to all procedures, addressing all issues and holding several internal meetings. In all companies, components such as generators and transformers are bought from European suppliers, but the software used to manage such parts are Brazilian and often made within the company since they have no specific products with the necessary quality they need. The analyses of the visited companies are made in simple Excel spreadsheets (Microsoft Office) for workers with little skill in completing spreadsheets. The purpose of this work is to allow greater control and higher quality information to the company and the consumer. Making wind power into something extremely productive and financially viable would prove to be quite salutary for all mankind. Aiming to avoid malfunction of aero generators resulting from errors or from maintenance worker in order of achieving increased productivity, as well as enabling companies to have greater access to their

factories in real time, reducing the risk of loss and a greater production control which facilitates decision making for administrators. The proposed Service Oriented Architecture (SOA) provides greater flexibility and integration between technology and business strategy. One of the principles governing this type of architecture is the integration of existing systems through an integration layer. Service-Oriented Architecture (SOA) proposes a kind of bus (ESB - Enterprise Service Bus), through which legacy applications can be aggregated and shared. The purpose is to make the most common features of a system capable of reuse regardless of the technology they were built upon, but this should be translated into a language or protocol standard, XML. The goal implicitly in the SOA model is that business applications may one day be treated with reference to services that are used. The model used for the SOA in the Wind Energy is called Software Engineering by Prototyping. After some improvements of companies with SOA, some plants were already able to generate power for small towns or neighborhoods, since, before the SOA, were sold to smaller power plants and then passed on to consumers. With the arrival of new technology it is possible to transfer immediately to homes, apartments or industries. This example was identified in Wind Station located in the Beach Park in Fortaleza (CE). Case Study in Choice of SOA Wind Energy In field trials conducted in Ceará and RN, wind farms were seen as very small, less than 15 aero generators, where the company does not know, for example, the best time to turn off its aero generators due to lack of wind, leaving only one input port of the ESB (Enterprise Service Bus), SOA equipment, thus a Java program may be installed to measure the wind velocity and once it becomes less than 2 m / s the aero generators stop automatically, maintaining the parts' condition and decreasing expenses for these small wind farms. With companies that have wind farms in several places, the need for SOA is extreme because we have to choose the best software in order to address the needs of all wind farms. After all, one reason for using SOA is the reuse of programming code which is implemented in various plants, immense profitability and all will be controlled remotely by one simple computer. By establishing a central SOA along with a powerful ESB (Enterprise Service Bus), many doors will be opened for the central computer and for each path set a wind farm; within each one specify each aero generator and obtain real-time wind speed, creating profit by each aero generator every second of use. With this

solution, the company's management team would know who would be profiting, who would be at a loss, which would be required to stop all activities, and know the wind speed of each aero generator in wind farms in each business group, control of any wind farm is made possible, avoiding loss, machine problems, substantially lower maintenance cost and improved profitability. After months of research in the field (in situ) and advanced studies for two years, the vulnerability of computer systems was identified in the wind energy industry. There are companies with investments in some cases millions of dollars which have no real-time results of their aero generators, profits, preventing errors or scheduled maintenance, putting many in financial loss. With SOA, a program written in JAVA programming language within the ESB (Enterprise Service Bus) can be used, for example, to calculate the amount of times that a lamp was lit, allowing the user to be aware of how much energy would be spent in each bulb in your home or office. Throughout this work were presented concepts of SOA and Wind Energy. The question of using SOA by these wind farms was addressed, addressing some particular questions that should be taken into consideration in order for this adoption to be made in its best form. We propose some ideas and a change in the strategy of adopting SOA, which were put into practice through two softwares and a screen ESB Integration Sterling. Surely the part that will benefit most from adopting SOA in the wind energy industry will be the management area, since the advance of information technology and engineering enhances efficiency and provides minimal losses, things in which prior to SOA technology with wind energy were normal, but Bons Ventos in Fortaleza already use these techniques based in this dissertation and is satisfied with the results achieved in its company. In real time, they can immediately stop the aero generators so that the wind do not financially compensate the maintenance of those left on, permitting facility operators to work more at ease. After all, when no wind is present and the aero generator is off by SOA equipment is exactly the best time to provide maintenance. In this current scenario, the recommendation for a company desiring to use wind energy is to wait for the development of this technology in regard to the cost-benefit ratio. The standards established for this type of captured energy are almost completely formatted, however investments are still quite expensive, namely equipment, skilled labor and control software. The use of SOA is revolutionizing information technology and this work contributed to the

achievement of growth and development in the wind energy industry. Open source tools specifically made for SOA have not reached the same degree of maturity as other proprietary solutions. Future efforts can be directed towards this as well as how they can be improved by the best combination and adding new features.

Keywords

Wind Energy; Service Oriented Architecture (SOA); Management.

Sumário

1. Introdução	14
1.1. Importância do trabalho	14
1.2. Objetivos Gerais do trabalho de pesquisa	16
1.3. Objetivos Específicos	16
1.4. Organização da Dissertação	16
2. Energia Eólica em uma Empresa e sua Viabilização	18
2.1. Definições	18
2.2. Análise Econômica Preliminar	19
2.3. Conceito de Agentes de Software para monitoramento real-time	23
2.4. Análise e Design do Sistema de Agentes	25
3. Panorama Brasil	29
3.1. Situação Atual	29
3.2. Benefícios do Projeto	32
3.3. Dificuldades de um Projeto de Energia Eólica	34
3.3.1. Dificuldades Ambientais	34
3.3.2. Dificuldades Operacionais	35
3.4. Oportunidades	36
3.4.1. Convívio salutar entre Energia Eólica e Agricultura \ Pecuária	37
3.5. Plataforma para Simulação de Turbinas Eólicas	37
3.5.1. Sistema	38
3.6. Matriz Energética do Conselho de Desenvolvimento Econômico e Social do Governo Federal do Brasil	44
3.7. Usina Eólica Prainha (CE) – região do Beach Park	45
3.8. Energia Eólica no Planeta	47
3.9. Energia Eólica no Mar (Offshore)	50
3.10. Energia Eólica na África	51
3.11. Energia Eólica na Ásia	53
3.12. Energia Eólica na Europa	54
3.13. Energia Eólica na América Latina	56
3.14. Energia Eólica na América do Norte	57
3.15. Futuras Propostas para Energia Eólica	58
3.15.1. Design de Lâmina de Turbina Eólica com Materiais Sustentáveis	60
4. Proposta SOA (Service Oriented Architecture)	62
4.1. Estrutura das Ferramentas de Integração de Dados na Arquitetura SOA	63
4.2. Governança e Gestão do Conhecimento	65
4.3. Funções do Projeto SOA	70
4.4. Arquiteto especialista em SOA (Service Oriented Architecture)	72
4.5. Desenvolvedor em Sistemas Industriais	73
4.6. Benefícios de adotar SOA	74
4.7. Fundamentos SOA	75

4.8. SERVIÇO SOA	76
4.9. Origem do SOA - Termo “Service-Oriented”	77
4.9.1. W3C – World Wide Web Consortium	78
4.9.2. OASIS - Organization for the Advancement of Structured Information Standards	79
4.9.3. - OMG - Object Management Group	79
4.9.4. SOA-Consortium	80
4.10. Princípios da Orientação a Serviços	80
4.10.1. Serviços são REUTILIZÁVEIS	82
5. Adotando SOA com Energia Eólica	86
5.1. Escolha dos Serviços na Adoção de SOA	86
6. Conclusão	90
6.1. Contribuições	91
6.2. Trabalhos Futuros	91
Referências Bibliográficas	92
Apêndice	94

Lista de Figuras

Figura 1: Usina do Porto de Mucuripe (CE)	23
Figura 2: Aplicação Turbina Energia Eólica	24
Figura 3: Localização dos Parque Eólicos da Empresa Bons Ventos	30
Figura 4: Projeto Eólico Aracati	31
Figura 5: O Parque em Taíba (CE)	32
Figura 6: Software da Empresa Bons Ventos que analisa a produção e faz um resumo diário	33
Figura 7: Dificuldade de manutenção nos parques eólicos	34
Figura 8: Dificuldades e Oportunidades para o mercado	35
Figura 9: Convívio pacífico entre Energia Eólica e Pecuária	37
Figura 10: Coeficiente de potência para $0 \leq v \leq 15$ e $0 \leq v \leq 10$	39
Figura 11: Diagrama de blocos que representa a aerodinâmica das pás	39
Figura 12: Aero Gerador da empresa SUZLON	40
Figura 13: Fábrica SUZLON (CE)	41
Figura 14: Aero Gerador da SUZLON no Parque Eólico do CE	42
Figura 15: Central Elétrica da Empresa Bons Ventos no Porto do Pecém – Ceará	43
Figura 16: Parque Usina Eólica Prainha (CE) – região do Beach Park	46
Figura 17: Eletricidade com acesso errado na Usina Eólica Prainha (CE)	46
Figura 18: Visão dos aerogeradores da Prainha (CE)	47
Figura 19: ESB \ SOA entre camada ser integrada e a camada superior	65
Figura 20: Agregando valor à Engenharia	68
Figura 21: Hierarquia dos processos SOA	71
Figura 22: Metodologia SOA	72
Figura 23: Fundamentos SOA – Visão Conceitual	76
Figura 24: Modelos de Serviços SOA	80
Figura 25: Transmissão de Energia	85
Figura 26: Ramos de Atividade que usam SOA	85

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Comparação entre crescimento Energia Eólica e Energia Convencional	19
Gráfico 2: Dados inclusos no SOA	27
Gráfico 3: Diagrama de Atividade da UML	27
Gráfico 4: Análise de Ventos no Ceará e na Região Sudeste	36
Gráfico 5: Crescimento mundial da Energia Eólica	48
Gráfico 6: Países com maiores crescimentos em Energia Eólica	50
Gráfico 7: Tração de tensão e deformação	60