



## **Desenvolvimento do rastreador solar para reflexão de luz natural como alternativa no tratamento dos gramados de estádios de futebol e na redução de gastos com energia elétrica.**

**Ayrton Chagas da Silva<sup>1</sup>, Cedric Salotto Cordeiro<sup>2</sup>, Cícero Vasconcelos Ferreira Lobo<sup>3</sup>, Vitor Bastos Ribeiro<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação,Ciência e Tecnologia Fluminense ([ayrton.silva@hotmail.com](mailto:ayrton.silva@hotmail.com))

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação,Ciência e Tecnologia Fluminense ([salotto@uol.com.br](mailto:salotto@uol.com.br))

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação,Ciência e Tecnologia Fluminense ([cicero\\_vfl@yahoo.com.br](mailto:cicero_vfl@yahoo.com.br))

<sup>4</sup> Instituto Federal de Educação,Ciência e Tecnologia Fluminense ([vbastosr@gmail.com](mailto:vbastosr@gmail.com))

### **Resumo**

Este trabalho aborda a problemática causada pelas coberturas dos estádios de futebol e/ou outros esportes, pois ao mesmo tempo em que elas protegem os espectadores das intempéries, causam danos aos gramados, já que os mesmos não recebem a mesma quantidade de luz em todas as suas extensões. Após a abordagem do problema origem que resultou na pesquisa, são apresentados alguns exemplos de tentativas de resolução do mesmo que não obtiveram sucesso ou que são economicamente inviáveis para implementação na maioria dos estádios do Brasil e do mundo. Por fim é apresentado o objeto final resultante desse trabalho, o desenvolvimento e construção do protótipo do rastreador solar para reflexão de luz natural que simula a aplicação em proporções maiores (em tamanho real) que poderão ser instaladas nas coberturas como alternativa no tratamento dos gramados de estádios de futebol tendo como consequência a redução de gastos com energia elétrica nos campos que utilizam a iluminação artificial atualmente.

**Palavras-chave:**Rastreador solar. Reflexão luminosa. Economia de energia.

**Área Temática:** Tecnologias Ambientais.

### **Abstract**

*This study discusses the problem caused by the coverage of football stadiums and/or other sports, because while they protect the spectators from the weather, cause damage to pitches because they don't receive the same amount of light in all its extensions. After this approach of the problem that resulted in the original research, there are some examples of efforts to resolve the problem were not successful or are not economically viable for implementation in most stadiums in Brazil and the world. Finally, we present the resulting final object of this work, which is the development and construction of the prototype solar tracker for reflection of natural light that simulates the application on a still larger that can be installed on the roof of the stadium as an alternative treatment of football pitches from stadiums having as a consequence the reduction of energy expenses in stadiums that use artificial lighting today.*

**Key words:** Solar tracker. Reflected light. Energy savings.

**Theme Área:** Environmental Technologies.



## 1 Introdução

O futebol é o esporte mais popular no Brasil e no mundo, ao longo do tempo várias inovações foram idealizadas e construídas para tornar essa categoria de esporte em um grande negócio, isso pode ser visto com o alto valor financeiro que o setor movimenta, já que os amantes do esporte não pouparam esforços nem dinheiro para acompanhar seus respectivos times e/ou seleções de futebol. Uma dessas inovações pode ser vista nos estádios de futebol mais modernos é a cobertura para proteção do público durante os eventos, trata-se de algo novo no Brasil, mas que está presente na maioria dos grandes estádios da Europa (berço do futebol), esse tipo de construção protege os espectadores das intempéries, mas ao mesmo tempo compromete o desenvolvimento do gramado, uma vez que essa proteção impede a incidência de luz no mesmo, produzindo sombra em uma região do campo. Um exemplo disso pode ser visto na imagem 1, que mostra o caso do Estádio da Luz, de propriedade do clube Benfica em Portugal, que devido a sua cobertura possui uma grande parte do estádio coberta pela sombra.

Para a problemática da difícil manutenção do gramado em boas condições, que é consequência, em sua maior parte, da sombra gerada pelas coberturas dos estádios foram pensadas e testadas várias tecnologias e alternativas no Brasil, dentre elas, podemos citar a utilização de sementes de grama de inverno misturadas com a grama de verão, pois existe diferença entre o crescimento da grama no inverno e no verão e isso acontece devido ao fato de que no verão a grama possui todas as condições favoráveis como: água, luz e calor e no inverno isso não acontece, então nos estádios da região sul do Brasil se faz o uso dessas sementes diferenciadas para fazer com que a grama permaneça em condição de uso durante todo o ano. Outras soluções apresentadas foram: o uso de cestos de treinamento fora dos estádios, para que os jogadores utilizem os gramados dos estádios apenas nos dias de jogos, uso de maquinários de corte de grama mais sofisticados, adubação melhorada, uso de irrigação de forma mais eficaz e sistemas de drenagem com melhor aproveitamento, porém, nenhuma dessas citadas atinge o objetivo principal que é a manutenção de um gramado com qualidade em toda a sua extensão.

Como exemplo da questão abordada, sabe-se que na última Copa do Mundo de futebol realizada na África do Sul em 2010, a inibição dos raios solares ocasionou diminuição na temperatura de até 5°C no lado norte dos campos em comparação com o lado sul nos estádios cobertos, o resultado disso pode ser visto na imagem 2, um gramado de péssima qualidade. No Brasil, há o caso do estádio João Havelange na cidade do Rio de Janeiro, o “Engenhão” como é conhecido, enfrenta grandes problemas com a problemática levantada, segundo o engenheiro agrônomo Artur Melo, responsável pelo gramado do estádio, citado em Camarão (2011), “um dos fatores que contribui para sua má qualidade é a sombra ou a restrição da luz solar sobre a grama, principalmente de maio a agosto”.

Imagen 1 – Estádio da Luz em Portugal com grande parte do gramado coberto pela sombra.



Fonte: Foto extraída do portal football-pictures.net



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

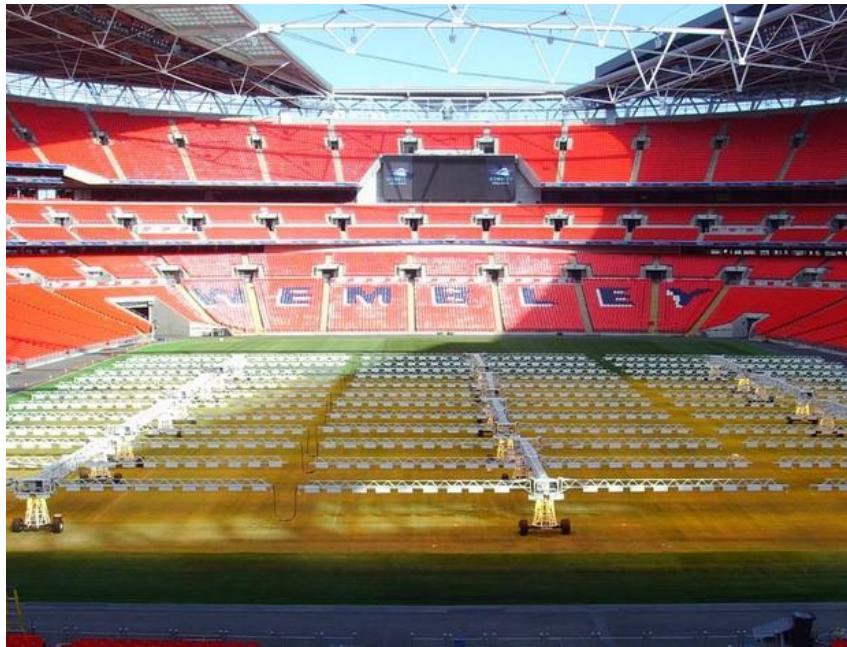
Imagen 2 – Péssima qualidade do gramado do estádio Nelson Mandela Day na África do Sul .



Fonte: Foto de Marcio Iannacca, extraído do portal: globoesporte.com.

Na Europa, uma alternativa para mitigar os problemas abordados nesse estudo é a iluminação artificial (imagem 3), ela é bastante utilizada por clubes ricos de futebol em seus estádios, porém o seu alto custo de implantação e manutenção, além do elevado custo com energia elétrica torna essa tecnologia pouco economicamente viável para a maioria dos clubes do Brasil e do mundo, segundo Artur Melo, engenheiro agrônomo já citado, o custo inicial dos canhões de luz artificial é de R\$2,3 milhões e ainda é necessário uma logística bem montada pelos proprietários desses equipamentos pois os mesmos são grandes e precisam de um local correto para serem guardados.

Imagen 3 - Com pouca incidência de luz do sol, gramado de Wembley precisa de luz artificial.



Fonte: Foto de SGL Concept, extraída do portal globoesporte.com .

Nesse universo, apresentamos um projeto de aplicação de tecnologia de alta eficiência e de custo acessível com economia de energia elétrica quando comparado com a iluminação artificial que visa fazer com que todas as partes dos gramados dos estádios cobertos de futebol recebam uniformemente os raios solares, o projeto é denominado rastreador solar para reflexão de luz natural e poderá eliminar a sombra que combinada com outros fatores traz prejuízos para os palcos do futebol.



O presente trabalho possui como objetivo principal a criação de um sistema que utilizará o fenômeno físico da reflexão solar com o uso de espelhos, pois estes são superfícies muito lisas que permitem o alto índice de reflexão da luz que incide sobre os mesmos que estarão acoplados em uma estrutura articulável na parte superior dos estádios que possibilitará o movimento dos espelhos em dois eixos através de um microcontrolador que estará programado para fazer com que o sistema busque a maior incidência de raios solares para a sua posterior reflexão, esse projeto terá como objetivos consequentes uma maior economia de energia elétrica por parte das organizações que administram estádios de futebol e outros esportes que atualmente fazem o uso da iluminação artificial, culminando assim numa nova e eficiente alternativa para manutenção dos gramados dos estádios em boas condições para uso, o que hoje não acontece e é a problemática apresentada nesse estudo.

## 2 Metodologia

A metodologia utilizada nesse trabalho foi a pesquisa bibliográfica e a pesquisa experimental, segundo Gil (2010): “a pesquisa bibliográfica é elaborada com base em material já publicado. Tradicionalmente, esta modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos. Todavia, em virtude da disseminação de novos formatos de informação, estas pesquisas passaram a incluir outros tipos de fontes, como discos, fitas magnéticas, CDs, bem como o material disponibilizado pela Internet”. A questão abordada nesse trabalho é relativamente nova e por esse motivo ainda existem poucos trabalhos desenvolvidos na área, porém, mesmo com pouco material de pesquisa disponível, foi feita uma busca nos principais jornais e revistas por meio eletrônico(internet) do Brasil e do exterior para que as alternativas atuais fossem expostas nessa pesquisa, além disso, o referencial teórico que trata do princípio físico da reflexão da luz, dos componentes eletroeletrônicos e do software usado na programação do microcontrolador foi de grande importância no desenvolvimento da pesquisa.

Ainda de acordo com Gil (2010): “a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto”, e ela apresenta as seguintes propriedades: “a) manipulação: o pesquisador precisa fazer alguma coisa para manipular pelo menos uma das características dos elementos estudados; b) controle: o pesquisador precisa introduzir um ou mais controles na situação experimental, sobretudo criando um grupo de controle; c) distribuição aleatória: a designação dos elementos para participar dos grupos experimentais e de controle deve ser feita aleatoriamente”. O presente trabalho fez uso da pesquisa experimental pois construiu -se o protótipo do rastreador solar para reflexão de luz natural, que representa a inovação tecnológica da pesquisa – a instalação dos rastreadores solares por toda a parte superior dos estádios - com base na montagem de componentes eletro-eletrônicos e utilização de um microcontrolador para ler os dados oriundos dos mesmos e enviar comandos para os atuadores que fazem o movimento do espelho, que simultaneamente fará com que haja a reflexão dos raios solares. Durante a pesquisa foram feitas várias tentativas e simulações para se chegar aos melhores componentes e a melhor programação para o microcontrolador.

## 3 Resultados

Como resultado principal do trabalho apresentado, tem-se a construção do protótipo do rastreador solar para reflexão de luz natural, que foi desenvolvido para simular a aplicação real do estudo apresentado, que é a instalação do equipamento com proporções maiores por toda a parte superior(as coberturas) dos estádios de futebol, o rastreador em questão tem como objetivo localizar a posição do sol e ajustar a posição do espelho para que forme entre eles um ângulo onde a luz refletida para o gramado esteja focada para o setor que foi diagnosticado a pouca incidência de raios solares, além de focar, o sistema deve garantir que o



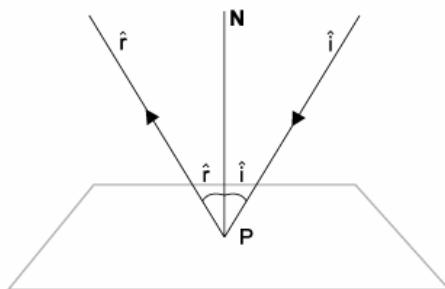
### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

espelho esteja em uma posição correta para que tenha o maior intensidade de reflexão possível, para isso o rastreador atende as duas leis da Reflexão segundo Halliday(2003), que estão demonstradas na imagem 4.

- **Primeira Lei:** O plano de incidência coincide com o plano de reflexão.
- **Segunda Lei:** O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão.

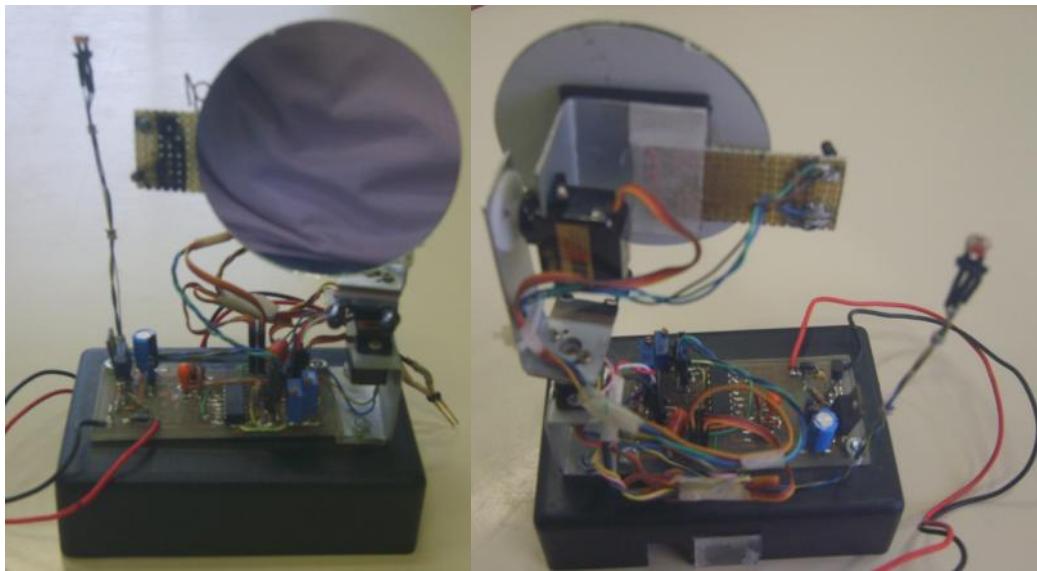
Imagen 4 – Demonstração das leis da Reflexão.



Fonte: Marques (2007)

Na construção do protótipo, que pode ser visto na imagem 5, foi utilizado um espelho côncavo que tem utilização indicada para focar a luz solar em um determinado ponto, ele faz parte da família dos espelhos esféricos que tem como característica mudar a imagem final refletida, o fenômeno físico que dá origem a essa mudança de tamanho a imagem é chamado de aumento linear transversal e esse mesmo fenômeno faz com que a luz seja focada.

Imagen 5 – Protótipo do rastreador solar para reflexão luminosa.



Para aplicar as leis da física citadas, na construção do protótipo foram utilizados vários componentes mecânicos e eletrônicos, os principais elementos instalados no protótipo são: quatro fototransistores, dois servomotores, um microcontrolador Freescale, família HCS08, modelo QG8 e uma placa eletrônica que faz a interligação entre os componentes .

Os dois fototransistores instalados ao lado dos espelhos são ajustados para que haja uma diferença de luminosidade entre eles, tendo como finalidade fazer com que o sensor



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

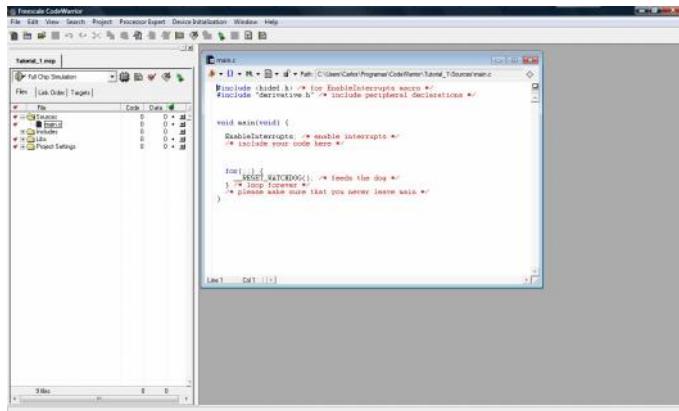
superior receba mais luz que o inferior, sendo um fototransistor um amplificador de corrente a partir dos elétrons que são liberados em sua base por ação dos fótons (luz), que incide sobre esta, a corrente produzirá uma diferença de potencial sobre um resistor em série, e esta tensão será proporcional à intensidade. A ddp gerada é lida e convertida para um valor binário através do conversor analógico digital (ADC) do microcontrolador, esse valor é analisado pelo microcontrolador que vai comparar com os valores de referência que foram programados no software do mesmo, após análise são transmitidos sinais ao servomotor de eixo horizontal que vai ajustar o espelho na posição em que se obtenha a diferença entre os sensores desejada, com isso compensando o movimento do sol.

Os outros dois fototransistores utilizados na construção do protótipo foram ajustados para receberem a mesma quantidade de luz visando posicionar sempre o espelho de frente para o sol, quando o microcontrolador comparar as correntes dos sensores e encontrar alguma diferença entre elas, ele deve acionar o servomotor de eixo vertical para correção, os servomotores por terem um bom controle de rotação e uma precisão de posicionamento são utilizados para fazer o ajuste de posição.

A placa eletrônica tem a função de interligar os demais componentes necessários para o bom funcionamento do rastreador, entre eles estão capacitores, resistores, diodos, transistores, trimpots, etc. A placa é alimentada em uma tensão de 8 volts que passa por transistores que regulam a tensão para alimentar o microcontrolador e servomotores, além de regular a placa contém outros componentes de proteção do circuito caso tenha algum problema de inversão da fonte de alimentação ou outro eventual problema de ligação.

A programação do microcontrolador foi produzida para que o mesmo receba as informações vindas dos componentes eletroeletrônicos, analise-as fazendo a comparação com os valores de referência que estão contidas nas linhas de comando da programação e após isso são enviadas as informações de correção para os servomotores do equipamento, ela foi feita no software FreeScale CodeWarrior fornecido pelo mesmo fabricante do microcontrolador, o referido software pode ser visto na imagem 6.

Imagen 6 – Software FreeScale CodeWarrior usado na programação do microcontrolador



Fonte: Portal da Freescale.com

Ainda no que tange o desenvolvimento da programação usada no microcontrolador, podemos citar algumas estruturas usadas nas linhas de comando como: while, if, for, interrupções, entre outras.

#### 4 Conclusão

Com base nos estudos feitos para a elaboração desse projeto, entende-se que se trata de uma alternativa para um problema atual, tendo em vista o momento esportivo que estamos



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

vivenciando em nosso país – a realização da Copa do Mundo de 2014 e das Olimpíadas 2016 com a construção de grandes e modernos estádios, sendo alguns deles cobertos.

O protótipo construído simula uma futura implementação de espelhos com proporções bem maiores na parte superior dos estádios cobertos, estes serão controlados pelo microcontrolador como explicado na construção do protótipo, podemos ver isso na imagem 7, que mostra em uma simulação como ficaria o estádio da Luz em Lisboa, Portugal equipado com o equipamento, resultando na cobertura do total do gramado pelos raios solares.

Imagen 7 – Simulação do Estádio da Luz (Portugal) com o sistema de reflexão solar instalado e em funcionamento.



Espera-se com este trabalho que problemas com a manutenção do gramado em boas condições como os exemplificados na introdução, entre outros exemplos espalhados pelos quatro cantos do planeta possam ser resolvidos ou ao menos minimizado s, trazendo uma maior padronização no tratamento dos grama dos dos estádios de futebol (e outros esportes) com uma tecnologia mais acessível e viável economicamente, além de ecologicamente correta, tornando – os como o gramado exemplificado na imagem 8, do estádio Santiago Bernabeu de propriedade do clube mais rico do mundo, o Real Madrid ( com receita de 1 bilhão de euros em 2010) que faz uso da iluminação artificial pois possui recursos financeiros suficientes para tal, mas que poderá economizar no futuro com a aplicação da alternativa proposta e investir em outros setores.

Imagen 8 - O inglês Paul Burgess mostrando o impecável gramado do Santiago Bernabeu , o qual ele é responsável.



Fonte: extraído do portal globoesporte.com



### 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 25 a 27 de Abril de 2012

## Referências

CAMARÃO, Bruno. **Artur Melo, engenheiro agrônomo especializado em gramados esportivos.** Disponível em:

<http://www.universidadedofutebol.com.br/2011/11/4,10807,ARTUR+MELO++ENGENH+EIR+O+AGRONOMO+ESPECIALIZADO+EM+GRAMADOS+ESPORTIVOS.aspx>

Acesso em 02/11/2011.

FOTO do Estádio da Luz. Disponível em: <http://www.football-pictures.net> , acesso em 06/11/2011.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, p. 29-33, 2010.

HALLIDAY, David; Resnick, Robert; Walker Jearl; trad. de Biasi, Ronaldo Sérgio. **Fundamentos de Física. vol.4.** Rio de Janeiro: LTC,p. 33-36, 2003.

LAZZARIN, Luis Gustavo. **Fotodiodos e Fototransistores. Materiais Elétricos:** Compêndios de Trabalhos, 7ºvolume, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Disponível em: <http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downcompendio/compendiov7.pdf#page=85>  
Acesso em 11/11/2011.

MARANHÃO, Rafael. **O ‘jardineiro-galáctico’ do Real e o prêmio aos melhores gramados da Inglaterra.** Disponível em:

<http://globoesporte.globo.com/platb/europa -via-maranhao/2011/09/02/o-jardineiro-galactico-do-real-e-o-premio-aos-melhores-gramados-da-inglaterra/> . Acesso em: 05/11/2011.

MARQUES , Gil da Costa & UETA Nobuko. **As leis da reflexão,** 2007. Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/otica/basico/reflexao/> , acesso em 13/11/2011

MOYA, Christian. **The Chief of Pitch Maintenance talks about his work at the Santiago Bernabeu.** Disponível em:

[http://www.realmadrid.com/cs/Satellite/en/1202773422295/noticia/Noticia/Paul\\_Burgess.htm](http://www.realmadrid.com/cs/Satellite/en/1202773422295/noticia/Noticia/Paul_Burgess.htm)  
Acesso em 05/11/2011.

POMBO, Bernardo. **Dossiê gramados: Brasil persegue o padrão europeu de qualidade .** Disponível em: <http://globoesporte.globo.com/futebol/noticia/2011/08/dossie -gramados-brasil-persegue-o-padro-europeu-de-qualidade.html> . Acesso em: 01/11/2011.

SIRICO, Rodrigo. **Antigo ponto fraco de Wembley, gramado está impecável para final .** Disponível em:

<http://globoesporte.globo.com/futebol/liga -doscampeoes/noticia/2011/05/antigo -ponto-fraco-de-wembley-gramado-esta-impecavel-para-final.html> . Acesso em: 01/11/2011.

SOFTWARE Freescale CodeWarrior. Disponível em:

[http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod\\_summary.jsp?code=CW -SUITE-STANDARD&tid=CWH](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=CW -SUITE-STANDARD&tid=CWH) . Acesso em 03/11/2011.