



PlantScreen™ Modular System

O **PlantScreen™ Modular System** é uma solução robótica integrada por sistema de fenotipagem e crescimento para todo o ciclo de desenvolvimento de plantas de médio e grande porte, como milho e trigo. O sistema pode ser integrado a uma casa de vegetação ou a um ambiente semi-controlado já existente. Um vaso individual é posicionado em um disco de transporte modular que permite flexibilidade de uso com diferentes espécies ou a mesma espécie durante todo o ciclo de crescimento. Os vasos são transportados por esteiras da área de cultivo até as unidades de aquisição de imagens ou até a estação de irrigação. Dados digitais multi-sensoriais são adquiridos tipicamente em vista superior e lateral.

O equipamento é desenhado para o gerenciamento do cultivo e crescimento das plantas, movimentação automática, monitoramento dos parâmetros ambientais e randomização das plantas no buffer (pulmão). Uma área para pesagem manual das plantas é disponibilizada, permitindo a pesagem manual e a marcação de um subconjunto de plantas quando o sistema automatizado de identificação está em modo stand-by ou de espera. Este recurso permite ao usuário testar, analisar e marcar um subconjunto de plantas, enquanto outras plantas estão crescendo no buffer do transportador.



A configuração é otimizada para aplicações em ambiente semi-controlado e em casas de vegetação podendo ser personalizada em termos de rendimento e gama de sensores digitais integrados, de acordo com as necessidades experimentais. O **PlantScreen™ Modular System** é uma solução completa de fenotipagem utilizada para a movimentação de plantas e uma avaliação não invasiva abrangente e reprodutível de diversas características das plantas ao longo do tempo.

A plataforma pode incorporar vários módulos de análise digital da dinâmica de crescimento e do desempenho fisiológico das plantas, uma câmara de adaptação para o equilíbrio prévio à análise sob condições ambientais determinadas e um sistema de transporte automatizado. É utilizado também um sistema de identificação por código de barras ou por rádio frequência.

As plantas são cultivadas no buffer (área pulmão) do transportador e movimentadas para a área de adaptação e análise, posteriormente é movimentada para as unidades de pesagem, irrigação e adição de nutrientes, retornando para a área de cultivo. Uma área de movimentação manual é definida para a gestão manual da planta, manuseio de amostras e para a pesagem ou tratamento da planta. O sistema de fenotipagem incorpora sensores para a medição de condições ambientais incluindo temperatura, umidade relativa, irradiância PAR e qualidade espectral da luz.

Acompanha o sistema software amigável **PlantScreen™**, com acesso remoto para controle de todos os aspectos relativos a transporte, irrigação, módulos de aquisição de imagens assim como aquisição de dados, análise de imagens e configuração do banco de dados. O sistema é customizado e modular permitindo a adição de outros recursos dependendo da demanda experimental do usuário.

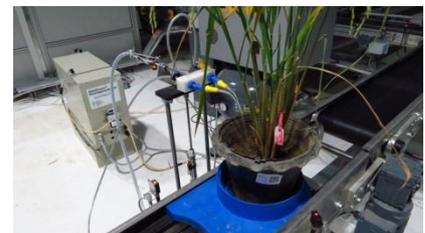


✓ **Movimentação e cultivo de plantas**

Elemento chave para um processo de fenotipagem de alto desempenho é a possibilidade de controle das condições de crescimento com um sistema preciso de irrigação e um controle prévio da adaptação da planta. O equilíbrio prévio da planta às condições ambientais definidas pelo usuário é um ponto crítico na aquisição de imagens de temperatura da folha e da cinética da fluorescência, uma vez que os dados são dependentes das condições de irradiância.

O Túnel de adaptação consiste em um gabinete com painéis multicanais de LED, com interface para programação do regime de luz e da qualidade espectral. O sistema permite ajustes em passos suaves até o máximo de $2000 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. O túnel é localizado antes das estações de imagem e é construído como uma caixa isolada da luz, com portas automáticas duplas estanques a luz na entrada e na saída do túnel. O túnel de adaptação é projetado tanto para adaptação das plantas à luz como ao escuro podendo ser concebido para acomodar uma ou várias linhas de plantas para permitir a adaptação ao escuro ou à luz por alguns minutos ou até por dezenas de minutos.

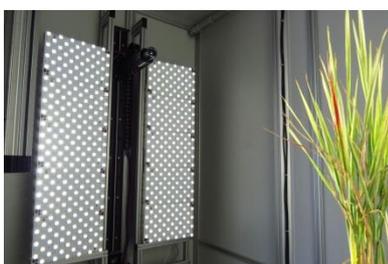
O **sistema de irrigação de alta precisão** é parte integrante do sistema, programável para o fornecimento de água e de nutrientes para as plantas em todas as fases de crescimento e/ou ciclos de medição. O fornecimento de água e de nutrientes pode ser integrado a um sistema de pesagem das plantas permitindo a programação do regime de adição via software. Estes regimes podem ser utilizados para impor um estresse a seca ou ao encharcamento, podendo inclusive, controlar a severidade e a velocidade do fenômeno. Esquemas de irrigação para volume exato, relativo ou pré-definido, para plantas individuais ou grupos de plantas, podem ser configurados.



Além disso, um conjunto de sensores ambientais (umidade, temperatura, intensidade e qualidade luminosa) podem ser incorporados ao sistema **PlantScreen™ Modular System**. Assim os parâmetros fisiológicos determinados pelo sistema podem ser correlacionados com os dados medidos pelos sensores ambientais.

✓ **Sensores de imagem**

A longo de duas décadas a PSI tem sido pioneira em numerosas técnicas não invasivas para medidas de processos fisiológicos, estes passaram a compor o sistema de fenotipagem de plantas **PlantScreen™ Modular System** e foram otimizados para aplicações em ambientes controlados ou casas de vegetação. Sensores específicos para aquisição de imagem são instalados em gabinetes fechados com portas automáticas e painéis de LED que permitem a manutenção do padrão de luminosidade. Dependendo da configuração o sistema é fornecido com plataforma de levantamento e rotação das plantas permitindo a aquisição de imagens em rotação, em ângulos que vão de 0° até 360° .





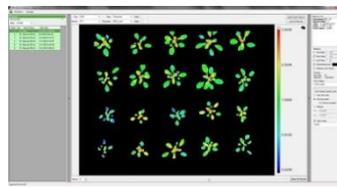
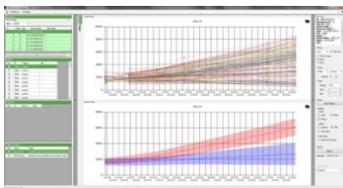
Todos os dados adquiridos pelos sensores de imagens em formato bruto ou processado são armazenados em banco de dados SQL sendo disponibilizados em questão de segundos para análises adicionais utilizando scripts de processamento definidos pelo usuário.

Vários tipos de sensores de imagem podem ser integrados ao **PlantScreen™ Modular System**, são eles:

- ✓ Imagem digital a cores RGB para a avaliação de características visuais
- ✓ Cinética da Fluorescência da Clorofila para medidas de fotossíntese e detecção de proteínas fluorescentes, ex: GFP
- ✓ Imagem hiperspectral na região do visível ou do infravermelho próximo (NIR) para análises de reflexão da planta na faixa espectral
- ✓ Imagem térmica para medidas da temperatura da folha e do dossel
- ✓ Escaneamento e modelagem em 3D para análises estruturais precisas
- ✓ Imagens no infravermelho próximo (NIR).

✓ **Software de controle**

O Software de controle foi desenvolvido para aquisição de dados, análises de imagens, configuração do banco de dados e controle de todo o sistema. Utiliza interface gráfica amigável, permite o controle e monitoramento das condições ambientais assim como o desenvolvimento de experimentos com grande nível de flexibilidade. Integra o sistema um PC de uso industrial com tela touchscreen e assistente de agendamento com função de calendário, permitindo a realização de experimentos múltiplos de forma simultânea, em diferentes modos de randomização de tratamentos, por plantas ou grupos de plantas, com vários protocolos de manipulação, incluindo adaptações ao claro e ao escuro.



Todas as imagens e dados ambientais coletados são armazenados em banco de dados SQL, são processados e disponibilizados em segundos para inspeção e análises adicionais, após gravação via interface gráfica amigável. O **PlantScreen™ Data Analyzer** fornece ferramentas para navegação, criação de grupos, análises e exportação conforme especificado pelo usuário. Múltiplos usuários podem se conectar ao banco de dados com diferentes níveis de acesso, controlado por mecanismo de autenticação. Notificação por SMS ou e-mail também é disponibilizada pelo sistema assim como serviço de suporte on-line 24 horas oferecido pela PSI.

✓ **Configuração do Software**

- ✓ Software amigável para controle, aquisição de dados, análise de imagens e configuração do banco de dados
- ✓ Análises específicas por espécie
- ✓ Banco de dados com estrutura aberta
- ✓ Acesso remoto
- ✓ Serviço de notificação por SMS e e-mail
- ✓ Serviço de suporte online 24 horas
- ✓ Monitoramento ambiental online