

Proposta de Projeto – ObjectTwins

Resumo Executivo

Proponho ObjectTwins como módulo Activity Provider para a arquitetura Inven!RA, um simulador de ambientes físicos interativos que permite a criação, configuração e simulação de objetos digitais (digital twins) com suporte a colisões paramétricas, análise de resistência de materiais e exportação de dados para investigação científica. (sei que não é um conceito novo e já vários projectos, que até o INESC TEC como o ([TTAccelerator](#), [C2T CODI](#), [DBoidS](#) , [C2T Digi4Plat](#) ,).

Contextualização e Motivação

Atualmente, a simulação física de objetos em ambientes educacionais permanece desacoplada de frameworks de acompanhamento pedagógico. Os ambientes de simulação tradicionais (Unity, Godot, Blender) não integram indicadores de desempenho, autorregulação ou avaliação centrada nas competências dos utilizadores. Este módulo colmata essa lacuna, permitindo que educadores e estudantes , criem objetos digitais (twins) com propriedades físicas e materiais definidas, parametrizem variáveis de simulação (velocidade, gravidade, elasticidade, etc.), analisem colisões e danos de forma estruturada, e façam a geração dados analíticos exploráveis para investigação em engenharia de materiais, física aplicada e design de sistemas.

Este contexto alinha-se com os valores da arquitetura Inven!RA: transparência (dados explícitos sobre simulações), autorregulação (reflexão sobre resultados) e inovação pedagógica (criação de ambientes imersivos para experimentação. Na realidade um professor que tive na Licenciatura mostrou-me um projeto que estava a trabalhar neste âmbito e fiquei fascinado com a ideia e desde então pesquisei imenso sobre o assunto.

Descrição da Atividade Proposta

O módulo ObjectTwins oferece uma plataforma web integrada que permitirá aos utilizadores criar e configurar objetos digitais através de uma interface interativa de desenho paramétrico, suportando primitivos geométricos (cubos, esferas, cilindros) e importação de modelos 3D customizados. A definição de materiais baseia-se numa base de dados periódica de composição química (exemplo: lápis = 37% madeira + 60% carvão + 3% borracha), permitindo a atribuição de propriedades físicas específicas (massa, elasticidade, resistência, fricção) e a aplicação de materiais a regiões discretas do modelo 3D. Os utilizadores parametrizam ambiente de simulação através de variáveis como velocidade, aceleração, gravidade e coeficientes de atrito, configurando ainda condições

avanzadas (planos inclinados, obstáculos, campos de força) e controlando tempo e frequência de amostragem.

A simulação física e análise de colisões decorrem em tempo real ou em modo acelerado, com deteção de colisões entre twins e cálculo automático de danos (deformação, rutura, degradação) baseado nas propriedades materiais de cada objeto. Os resultados são visualizados através de interface 3D interativa complementada por histogramas de velocidade, aceleração e energia cinética, permitindo ao estudante compreender dinâmicas complexas de forma imediata. Finalmente, o módulo exporta automaticamente datasets estruturados contendo trajetórias, velocidades, acelerações, eventos de colisão e degradação, em formatos CSV e JSON compatíveis com ferramentas de análise (Python, R, MATLAB), facilitando assim investigação aplicada em engenharia de materiais e física computacional.

Diagramas:

Diagrama 1 : Fluxo Criador (Designer Pedagógico)	4
Diagrama 2: Fluxo Agente Ativo (Estudante)	5
Diagrama 3: Fluxo Agente de Consciência (Professor)	6
Diagrama 4: Arquitetura Geral - Contexto Inven!RA	7
Diagrama 5: Estados da Simulação (State Machine)	8
Diagrama 6: Fluxo de Dados - Analytics	9

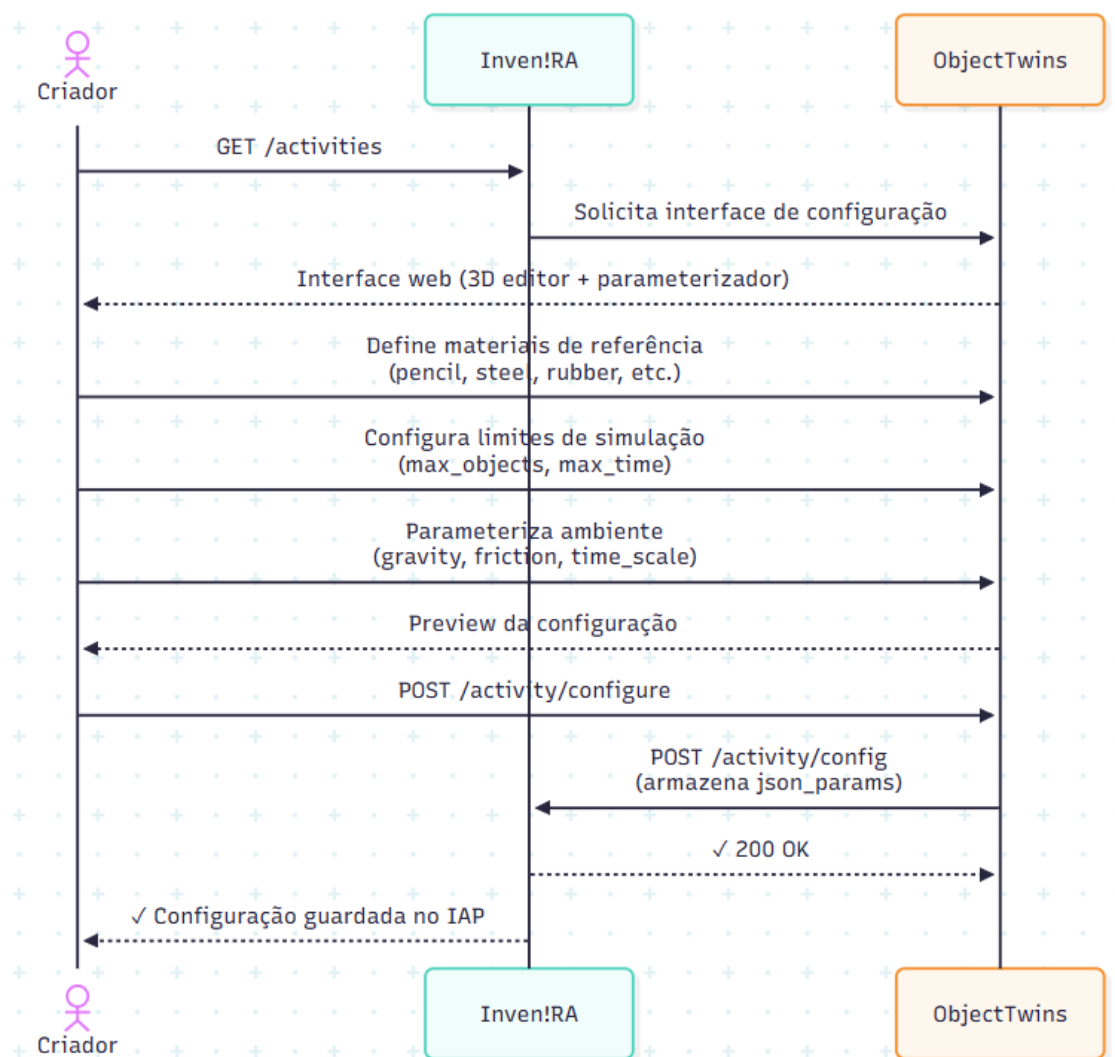


Diagrama 1 : Fluxo Criador (Designer Pedagógico)

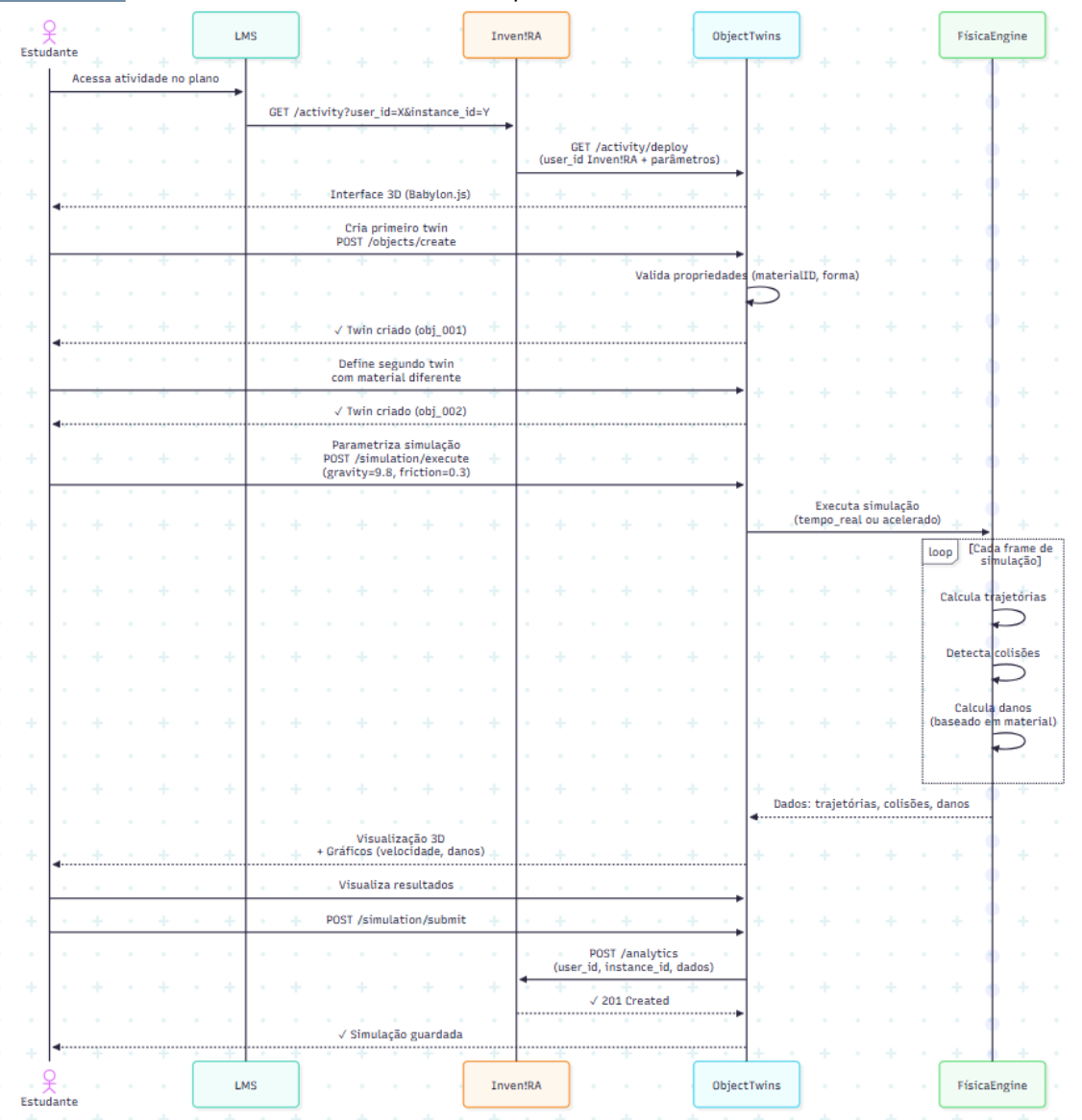


Diagrama 2: Fluxo Agente Ativo (Estudante)

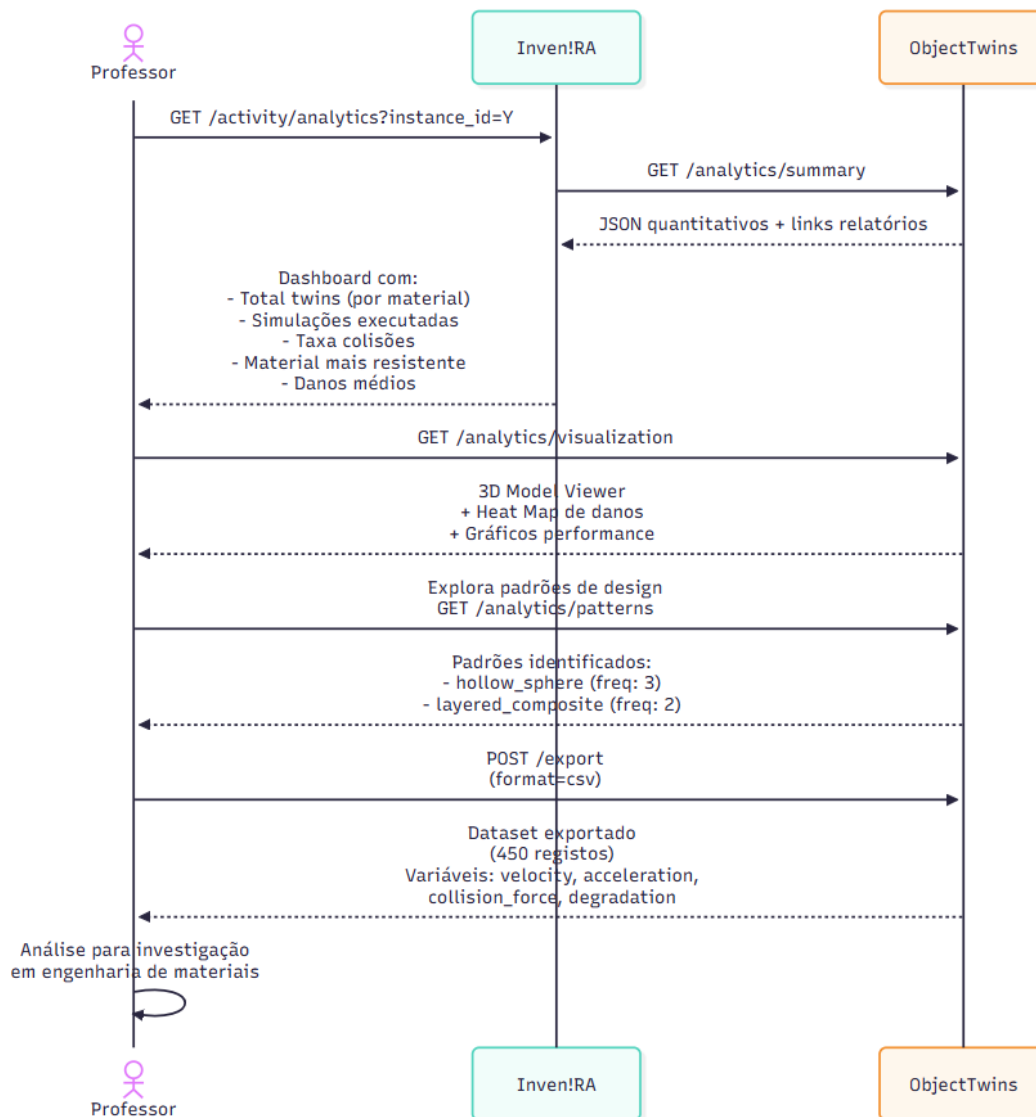


Diagrama 3: Fluxo Agente de Consciência (Professor)

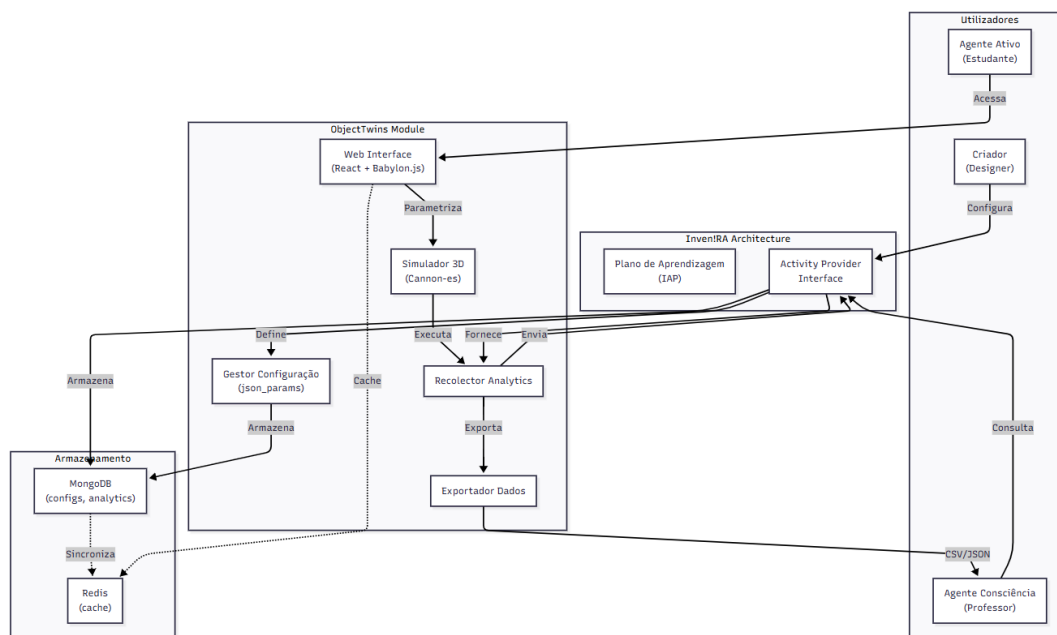


Diagrama 4: Arquitetura Geral - Contexto Inven!RA

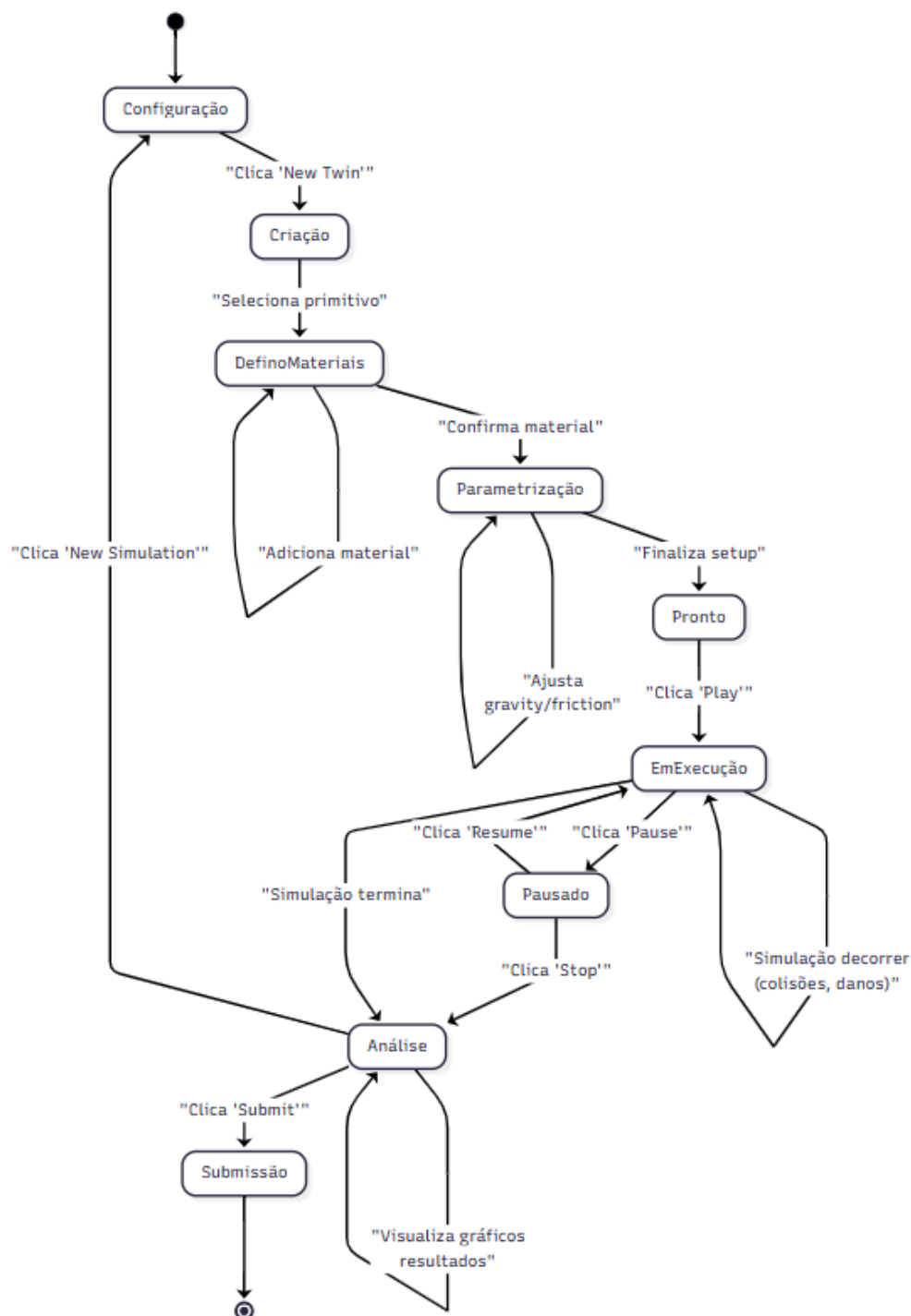


Diagrama 5: Estados da Simulação (State Machine)

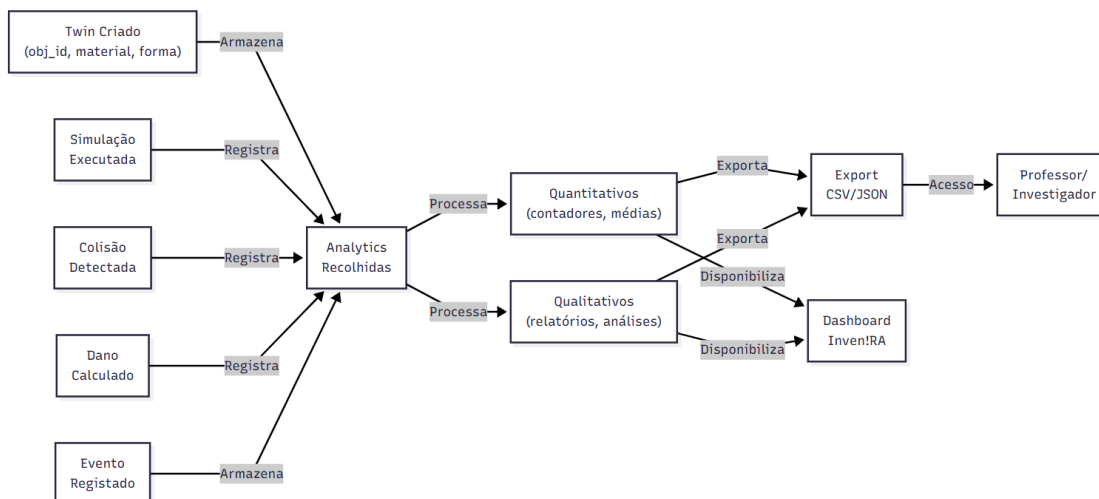


Diagrama 6: Fluxo de Dados – Analytics

JSONS

Analytics_list_url

```
{  
  "session_metadata": {  
    "user_id_inven_ra": "string",  
    "activity_instance_id": "string",  
    "session_start_timestamp": "ISO8601",  
    "session_end_timestamp": "ISO8601",  
    "duration_minutes": "number"  
  },  
  "quantitativos": {  
    "total_objects_created": {  
      "value": "integer",  
      "description": "Número total de twins criados na sessão"  
    },  
    "objects_by_material_category": {  
      "type": "object",  
      "properties": {  
        "steel": "integer",  
        "wood": "integer",  
        "rubber": "integer",  
        "composite": "integer"  
      }  
    },  
    "total_simulations_executed": {  
      "value": "integer"  
    },  
  },  
}
```

```
"average_simulation_duration_seconds": {  
  "value": "number"  
},  
"total_collision_events_registered": {  
  "value": "integer"  
},  
"average_damage_percentage": {  
  "value": "number",  
  "unit": "%",  
  "description": "Degradação média nos twins por simulação"  
},  
"parameter_variance": {  
  "gravity_range_applied": ["min_value", "max_value"],  
  "friction_range_applied": ["min_value", "max_value"],  
  "time_scale_variations_count": "integer"  
},  
"materials_resistance_ranking": {  
  "type": "array",  
  "items": {  
    "material": "string",  
    "avg_damage_received": "number",  
    "simulation_count": "integer",  
    "resistance_score": "number"  
  }  
}  
},  
"qualitativos": {
```

```
"individual_simulation_reports": {  
  "type": "array",  
  "items": {  
    "simulation_id": "string",  
    "timestamp": "ISO8601",  
    "objects_involved": [  
      {  
        "object_id": "string",  
        "primary_material": "string",  
        "secondary_materials_percentage": "object",  
        "initial_integrity": "number"  
      }  
    ],  
    "collision_sequence": [  
      {  
        "event_id": "integer",  
        "collision_timestamp": "number",  
        "objects_colliding": ["object_id_1", "object_id_2"],  
        "damage_inflicted": {  
          "object_id_1": "number",  
          "object_id_2": "number"  
        }  
      }  
    ],  
    "final_status": {  
      "surviving_objects": ["object_id"],  
      "destroyed_objects": ["object_id"],
```

```
"total_damage_accumulated": "number"

},

"material_performance_analysis": "string"

}

},

"most_resistant_material_combination": {

  "primary_material": "string",

  "secondary_materials": "object",

  "avg_damage_threshold": "number",

  "simulations_tested": "integer",

  "recommendation": "string"

},

"design_patterns_identified": [

  {

    "pattern_id": "string",

    "pattern_description": "string",

    "frequency": "integer",

    "example_objects": ["object_id"]

  }

],

"data_extraction_for_research": {

  "dataset_filename": "string",

  "records_count": "integer",

  "variables_tracked": ["velocity", "acceleration", "collision_force",

"material_degradation", "trajectory"],

  "potential_research_applications": ["materials_engineering",

"impact_dynamics", "design_optimization"]

}
```

```
}
```

```
}
```

Json_params_url

```
{
```

```
  "activity_id": "objecttwins_v1",
```

```
  "environment_config": {
```

```
    "gravity": {
```

```
      "value": 9.8,
```

```
      "unit": "m/s2",
```

```
      "editable": true,
```

```
      "description": "Aceleração gravitacional do ambiente"
```

```
    },
```

```
    "friction_coefficient": {
```

```
      "value": 0.3,
```

```
      "editable": true,
```

```
      "range": [0, 1]
```

```
    },
```

```
    "time_scale": {
```

```
      "value": 1.0,
```

```
      "editable": true,
```

```
      "presets": ["0.5", "1.0", "2.0", "4.0"]
```

```
    },
```

```
    "max_simulation_time": {
```

```
      "value": 300,
```

```
      "unit": "seconds"
```

```
    }
```

```
  },
```

```
"object_creation": {  
  "allowed_primitives": ["cube", "sphere", "cylinder", "custom_3d"],  
  "max_objects_per_session": 20,  
  "allow_3d_import": true,  
  "supported_formats": ["glTF", "obj", "fbx"]  
},  
"materials_database": {  
  "enabled": true,  
  "predefined_materials": [  
    {  
      "name": "pencil",  
      "composition": {"wood": 0.37, "carbon": 0.60, "rubber": 0.03},  
      "density": 1.8,  
      "elasticity": 0.4,  
      "resistance_mpa": 50  
    },  
    {  
      "name": "steel",  
      "composition": {"iron": 0.98, "carbon": 0.02},  
      "density": 7.85,  
      "elasticity": 0.3,  
      "resistance_mpa": 400  
    },  
    {  
      "name": "rubber",  
      "composition": {"natural_rubber": 0.85, "sulfur": 0.15},  
      "density": 0.92,
```

```
"elasticity": 0.9,  
  
  "resistance_mpa": 10  
}  
],  
  
  "allow_custom_composition": true  
},  
  
  "collision_simulation": {  
  
    "enabled": true,  
  
    "damage_model": "linear_degradation",  
  
    "collision_detection_frequency": 60,  
  
    "record_collision_events": true  
  },  
  
  "data_export": {  
  
    "enabled": true,  
  
    "formats": ["csv", "json"],  
  
    "include_trajectories": true,  
  
    "include_collision_log": true  
  }  
}
```